

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ В.Ф. Фролов
« _____ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»,
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

Тема: «Оцінка фітотоксичності ґрунтів територій прилеглих до аеропорту»

Виконавець: студентка групи ЕК-201м Павлова Маргарита Сергіївна
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри екології Черняк Лариса Миколаївна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: _____
(підпис)

Кажан К.І.
(П.І.Б.)

Нормоконтролер: _____
(підпис)

Явніюк А.А.
(П.І.Б.)

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Спеціальність, освітньо-професійна програма: спеціальність 101 «Екологія»,
ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Фролов В.Ф.

«_____» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Павлової Маргарити Сергіївни

1. Тема роботи «Оцінка фітотоксичності ґрунтів територій прилеглих до аеропорту» затверджена наказом ректора від «06» жовтня 2020 р. №19371/ст.
2. Термін виконання роботи: з 06.10.2020 р. по 22.12.2020 р.
3. Вихідні дані роботи: матеріали та дані, які отримані під час проходження екологічної та переддипломної практик, аналіз літературних джерел.
4. Зміст пояснювальної записки: вступ, аналіз хімічного забруднення ґрунтів на території аеропорту, аналіз впливу нафтопродуктів на ґрунтовий покрив та живі організми, аналіз методів визначення нафтопродуктів у ґрунті, оцінка фітотоксичності ґрунтів, висновки.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: рисунки, таблиці, діаграми, графіки.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Складання літературного огляду по темі	06.10.2020-09.10.2020	
2	Опрацювання літературних джерел	12.10.2020-16.10.2020	
3	Проведення дослідів	19.10.2020-02.11.2020	
4	Опрацювання інформації (групування, зведення у таблиці, побудова схем, графіків)	03.11.2020-06.11.2020	
5	Обробка і оформлення вихідних матеріалів дипломної роботи	09.11.2020-15.11.2020	
6	Формування висновків і рекомендацій	16.11.2020-18.11.2020	
7	Оформлення дипломної роботи згідно вимог діючих стандартів	19.11.2020-21.11.2020	
8	Передзахист дипломної роботи	23.11.2020	
9	Захист дипломної роботи	22.12.2020	

7. Консультація з окремого(мих) розділу(ів):

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доцент кафедри БЖД, Кажан К.І.		

8. Дата видачі завдання: «___» _____ 2020 р.

Керівник дипломної роботи (проекту): _____
(підпис керівника)

Черняк Л.М.
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: _____
(підпис випускника)

Павлова М.С.
(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Оцінка фітотоксичності ґрунтів територій прилеглих до аеропорту»: 75 с., 18 рис., 11 табл., 44 літературних джерела.

Об'єкт дослідження: забруднення нафтопродуктами ґрунтів територій авіапідприємств.

Предмет дослідження: ґрунти територій, прилеглих до авіапідприємств

Мета роботи: оцінка фітотоксичності ґрунтів територій, прилеглих до аеропорту.

Методи дослідження: аналітичний, експериментальний, аналіз.

У дипломній роботі визначено рівень забруднення нафтопродуктами та оцінка фітотоксичності ґрунтів територій прилеглих до аеропорту. Встановлено залежність ростових характеристик льону від часу проростання та концентрацій керосину.

НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ, ҐРУНТИ, НАФТОПРОДУКТИ,
БІОТЕСТУВАННЯ, ФІТОТОКСИЧНІСТЬ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НА ТЕРИТОРІЇ АЕРОПОРТУ.....	11
1.1. Проблема хімічного забруднення ґрунтів на території аеропорту та на прилеглих територіях.....	11
1.2. Основні джерела хімічного забруднення ґрунтів на території аеропорту.....	12
1.3. Висновки до розділу.....	14
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВПЛИВУ НАФТОПРОДУКТІВ НА ҐРУНТИ.....	16
2.1. Вплив нафти і нафтопродуктів на компоненти навколишнього середовища.....	17
2.2. Вплив нафтопродуктів на стан ґрунтів і їх функції.....	23
2.3. Джерела забруднення ґрунтового покриву нафтою і нафтопродуктами.....	24
2.4. Джерела забруднення нафтопродуктів ґрунтів на території аеропорту.....	25
2.5. Відновлення нафтозабруднених ґрунтів.....	26
2.6. Висновки до розділу.....	28
РОЗДІЛ 3. ОСНОВНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НАФТОПРОДУКТАМИ.....	30
3.1. Сучасні методи визначення нафтопродуктів у ґрунтах.....	30
3.2. Біоіндикація та біотестування.....	31
3.3. Рослини як тест-системи для екологічної оцінки забруднених ґрунтів.....	34
3.4. Висновки до розділу.....	36

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІТОТОКСИЧНОСТІ ГРУНТУ.....	38
4.1. Біотестування зразків ґрунту, штучно забрудненого авіаційним керосином марки ТС-1.....	39
4.2. Біотестування зразків ґрунту відібраних на території, прилеглій до аеропорту «Київ».....	56
4.3. Висновки до розділу.....	58
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	60
5.1. Аналіз шкідливих та небезпечних чинників на працівників у лабораторіях.....	60
5.2. Вплив на працівників у хімічних лабораторіях.....	61
5.3. Засоби захисту працівників від впливу шкідливих речовин.....	64
5.4. Пожежна безпека.....	66
ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

НС – навколишнє середовище;

НП – нафтопродукти;

ВМ – важкі метали;

ОДК – орієнтовно допустима концентрація;

ГДК – граничнодопустима концентрація;

ПММ – паливно-мастильні матеріали;

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;

ПЛАС – план ліквідації аварійних ситуацій.

ВСТУП

Актуальність теми. Аеропорт – багатофункціональна транспортна компанія, є наземною частиною системи повітряного транспорту, яка може забезпечувати зліт і посадку літаків, наземне обслуговування, пасажирські перевезення, багаж, пошту та вантажі. Аеропорти забезпечують необхідні умови для роботи авіакомпаній, державних органів регулювання авіаційної та митної діяльності [1].

Під час повітряних перевезень забруднюються ґрунт, вода та атмосфера, руйнуються асоціації тварин і рослин, тобто впливає на якість усіх природних інгредієнтів.

Ґрунт – це зв'язок між атмосферою, гідросферою, літосферою та живими істотами. Він відіграє важливу роль в обміні речовин та енергетичному обміні між різними компонентами біосфери. . Ґрунт – основа життя і середовище існування багатьох живих істот.

Ґрунти, що постраждали від нафтового забруднення, набагато гірше відновлюються, ніж вода і повітря, оскільки вони можуть накопичувати і утримувати токсичні речовини. Нафта, що потрапляє у воду або ґрунт, може зруйнувати життєвий процес. Вона пригнічує процеси самоочищення і змінює напрямки метаболізму. Нафта настільки жорстока до природи, що там багато років не росте трава, де НП потрапляють у ґрунт. НП будуть розкладатися довгі роки в природних умовах, завдаючи великої шкоди природі.

На сьогодні, однією з найважливіших екологічних проблем – це деградація рослинного покриву та ґрунтів внаслідок антропогенної діяльності.

Мета і завдання виконання дипломної роботи.

Мета роботи – оцінка фітотоксичності ґрунтів територій, прилеглих до аеропорту.

Завдання роботи:

1. Аналіз сучасного стану проблеми хімічного забруднення ґрунтів на території аеропорту;

2. Аналіз впливу нафтопродуктів на ґрунти;
3. Ознайомлення з основними методами визначення забруднення ґрунтів нафтопродуктами;
4. Експериментальне дослідження фітотоксичності ґрунту.

Об'єкт дослідження – забруднення нафтопродуктами ґрунтів територій авіапідприємств.

Предмет дослідження – ґрунти територій, прилеглих до авіапідприємств.

Методи дослідження – аналітичний, експериментальний, аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів. Встановлено залежність ростових характеристик льону від часу проростання та розраховано індекс фітотоксичності ґрунтів, у залежності від перевищення ОДК вмісту у їх складі нафтопродуктів.

Практичне значення отриманих результатів. Визначені залежності впливу концентрацій нафтопродукту у ґрунтах на ростові характеристики льону.

Особистий внесок здобувача: був проведений аналіз науково-технічної літератури, а на основі експериментальних даних, отриманих при біотестування ґрунту штучно забрудненого нафтопродуктами та ґрунту на території прилеглий до аеропорту, розраховано індекс фітотоксичності ґрунтів.

Апробація отриманих результатів. Результати дипломної роботи доповідалися на:

1. X Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції «Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку» (Ірпінь, Україна, 2020 р.).
2. 6-му Міжнародному конгресу «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (Львів, Україна, 2020 р.).

Публікації:

1. Павлова М.С. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності ґрунтів: зб. тез доп. X Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції, Ірпінь, 20-29 жовтня 2020 р. –Університет державної фіскальної служби

України. – Ірпінь, 2020. – 239 с.

2. Павлова М.С. Оцінка стану ґрунтового покриву, як індикатора екологічної небезпеки. 6-й Міжнародний конгрес «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування»: збірник матеріалів. – Львів : Західно-Український Консалтинг Центр (ЗУКЦ), ТзОВ, 2020. – 48 с.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТІВ НА ТЕРИТОРІЇ АЕРОПОРТУ

1.1. Проблема хімічного забруднення ґрунтів на території аеропорту та на прилеглих територіях

Ґрунт найбільш чутливий до техногенної діяльності людини. Ґрунтовий покрив є найтоншою оболонкою Землі. У чорноземі товщина найбільш родючого шару зазвичай не перевищує 80-100 см, а у багатьох ґрунтах у більшості природних районів товщина 15-20 см. При знищенні рослинності – легко піддаються ерозії.

Без повного врахування впливу людських факторів та руйнування збалансованих природних екологічних взаємозв'язків у ґрунті, небажаний процес мінералізації гумусу, кислотності або лужності швидко збільшувався, а також процес відновлення, що серйозно погіршує властивості ґрунту. В граничних випадках відбувається локальне руйнування ґрунтового покриву. Підвищена чутливість, крихкість ґрунтового покриву внаслідок обмеженого буферного ефекту та стійкості ґрунту до впливу сил, не властивих в екологічному відношенні.

ВМ, НП та миючі засоби стають все більш поширеними забруднювачами ґрунтів, що призводить до утворення штучних пустель поблизу аеропортів.

У позашляхових районах під час зльоту літаків близько 50% викидів у вигляді твердих частинок розподіляються в районах поблизу аеропортів. Накопичення забруднюючих речовин на дорогах може спричинити забруднення екосистеми та зробити ґрунт прилеглих територій непридатним для сільськогосподарського використання [2].

Ґрунт поблизу аеропортів забруднений солями ВМ і органічними сполуками в радіусі до 2-2,5 км. В осінньо-зимовий і весняний періоди здійснюється антижеледна обробка авіаційного транспорту і видалення сніжно - льодових відкладень з штучного покриття аеродромів. При цьому використовуються активні

антижеледні препарати і реактиви, що містять сечовину, аміачну селітру, поверхнево - активні речовини, що теж потрапляють у ґрунт.

У порівнянні з атмосферою або водою, ґрунт – це система менш динамічна та більш буферна. Однією з характеристик ґрунту є те, що в ньому накопичується інформація про процеси та зміни, що відбулися, тому вона може не лише вказувати на стан НС в певний час, але й відображати минулі процеси.

1.2. Основні джерела хімічного забруднення ґрунтів на території аеропорту

Забруднення ґрунту відбувається через те, що забруднюючі речовини з повітряного басейну осідають на поверхні ґрунту і забруднювачі потрапляють в атмосферу з відпрацьованими газами літаків, наземних авіаційних технік та топок котельних.

Ґрунт має захисну дію на природні води, атмосферу та рослинність. Водночас, ґрунт виконує захисну функцію і може бути основним джерелом багатьох хімічних речовин, які забруднюють природну воду та становлять небезпеку для рослин.

Рух ВМ вздовж ґрунтового профілю призводить до перерозподілу забруднюючих речовин у ґрунті і, отже, до перерозподілу сусіднього середовища (рослин, води, повітря).

На відміну від органічних хімічних забруднювачів, які розкладаються з часом, ВМ можуть бути перерозподілені лише між різними компонентами природного середовища, і час їх розкладання може становити тисячі років.

Огляд ґрунту поблизу аеропорту показав, що вміст у ньому важких металів зріс більш ніж у 20 разів. Найбільше забруднення спостерігалось на складах паливно-мастильних матеріалів, майстернях з технічного обслуговування, платформах та вздовж злітно-посадкової смуги, особливо там, де літаки злітали та приземлялися. У ґрунті виявлено ВМ від 8 до 18 мг / кг, забруднення було сильним і помірним, його вміст значно перевищував допустимий рівень.

Зазвичай ґрунт біля аеропорту забруднюється такими ВМ: цинком, міддю, свинцем, хромом, оловом, вольфрамом та деякими металами (кобальтом, нікелем, кадмієм, стронцієм, сріблом, літієм).

Дослідження, проведені в країні та за кордоном, показують, що рівень забруднення ґрунту в аеропортах та в зонах, де займаються технічним обслуговуванням літаків, високий. Кожен 1 м² ґрунту може містити до 200-250 грамів органічних та неорганічних хімічних речовин із штучних джерел.

Велика територія аеропорту зазнала вітрової ерозії. Цьому процесу сприяє забруднення ґрунту паливно-мастильними матеріалами та викидам газів у НС внаслідок викидів від двигунів внутрішнього згоряння та спеціальних транспортних засобів.

Через випадкові витoki забруднення ґрунту є найбільш серйозним у місцях, де заправляють та заправляють транспортні засоби.

Цілісність системи ґрунт-рослина свідчить про необхідність вивчення і хімічного впливу повітряного транспорту на рослини.

Забруднення рослин поділяють на зовнішні (випадають на поверхню листя і стебла) і внутрішні (що надходять у клітини через коріння). Коли забруднювачі потрапляють у коріння рослин, починається запуск захисних механізмів. Вони обмежують проникнення забруднюючих речовин в наземні органи та їх участь у клітинних метаболічних реакціях. Для різних забруднювачів захисна здатність рослин демонструє різні показники: наприклад, свинець залишається в коренях, а кадмій легко проникає в наземні органи [3].

Характер поглинання та накопичення ВМ рослинами в забруднених умовах залежить від ступеня забруднення, селективності рослин та впливу супутніх викидів, що сприяють підкисленню або залуженню ґрунтових розчинів.

Між хімічним складом рослин та елементним складом НС існує безперечний зв'язок, однак через вибіркову властивість рослин до акумуляції елементів порушується пряма залежність вмісту ВМ у рослинах від вмісту у ґрунту.

Поглинання елементів рослинами залежить не тільки від реакції в системі ґрунт-розчин, а й від взаємодії між розчином і рослиною, яка буде змінюватися залежно від концентрації елемента.

Порівнюючи глибину міграції ВМ у ґрунті без рослинності та з рослинністю, в останньому випадку ми виявляємо, що глибина проникнення ВМ дещо більша. Крім того, було також встановлено, що показник ґрунтозахисної здатності (ґрунтовий бар'єр) безпосередньо залежить від здатності металу мігрувати у рухливу форму при переході до системи ґрунт-рослина [4].

Забруднення ґрунтів поблизу аеродромів має локальний характер і пов'язане із розливом рідини, викидами сажі та газоподібних токсичних речовин, які осідають на поверхні ґрунту. Крім того, проблемою є тверді відходи (побутові, промислові та будівельні).

Ерозія та забруднення ґрунту в районах поблизу аеродромів спричинені затопленням стічними водами зі штучних поверхонь та водонепроникних ґрунтів. У деяких аеропортах через необережне зберігання та споживання палива, концентрація НП у цих водах досягає 12 мл/л при нормі 0,05 мл/л, що перевищує в 240 разів. Рослини гинуть на таких землях, і навіть 30% врожаю, зібраного з менш забруднених територій, гине.

Більш небезпечні підземні втрати палива. Це спричиняє забруднення підземних вод та дефіцит питної води в прилеглих районах. Крім того, коли паливо витягується з трубопровідної системи, вода буде всмоктуватися в те місце, де ущільнення порушено. В результаті з'явилося некваліфіковане паливо, а літаки, що заправлялись цим, мали передумови для авіаційної аварії.

1.3. Висновки до розділу

Отже, поверхня ґрунту легко забруднюється. Висока концентрація різних хімічних отрут у ґрунті шкідливо впливає на життєдіяльність ґрунтових організмів. У той же час втрачається здатність ґрунту очищатися від патогенних

мікроорганізмів та інших небажаних мікроорганізмів, що може мати серйозні наслідки для людини, флори та фауни.

Забруднення ґрунту в районі аеропорту обумовлене тим, що забруднювачі з повітряного басейну осідають на поверхні ґрунту, а потрапляють вони в атмосферу з відпрацьованими газами літаків, наземних авіаційних технік та топок котельних.

Аеропорт зазнав значної вітрової ерозії. Цьому сприяє забруднення ґрунту ПММ та викидами газів у НС внаслідок викидів від двигунів внутрішнього згоряння та спеціальних транспортних засобів.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ВПЛИВУ НАФТОПРОДУКТІВ НА ҐРУНТИ

Завдяки своїй природі та масштабу використання, однією з найнебезпечніших речовин, що забруднює своє місцезнаходження, є нафта – речовина, що складається з майже 3000 компонентів, більшість з яких легко окислюються. Тому розлита нафта та НП надзвичайно токсичні для рослин та організмів.

Коли нафта потрапляє на землю, що пов'язана з підземними водами, виникає велика екологічна проблема: після просочування шарів ґрунту НП потрапляють у ґрунтові води, утворюючи тим самим кришталіки на поверхні води.

Нафта – рідкий природний розчин, яка складається із великої кількості вуглеводнів різної будови та високомолекулярних речовин смолянисто-асфальтенів. В нафті розчинена певна кількість води солей, а також мікроелементів, головними з яких є:

- С – 83-87%,
- Н – 12-14%,
- N, S, O – 1-2%, рідше – 3-6% (за рахунок S).

Крім того десяті й соті долі відсотка нафти складають численні мікроелементи.

Твердий парафін, що входить до складу нафти, дуже важко руйнується й окислюється на повітрі. Він надовго може «запечатати» всі пори ґрунтового покриву та позбавити ґрунт можливості вільного вологообміну і дихання. Як наслідок – повна деградація біоценозу.

Ароматичні вуглеводні є найбільш токсичні компоненти, що входять у склад нафти. У концентрації всього 1% у воді вони вбивають в ній усі рослини.

Шкідливий екологічний вплив смолянисто-альфальтенових компонентів на ґрунтові екосистеми полягає не в хімічній токсичності, а в значній зміні водно-фізичних властивостей ґрунтів. Якщо нафта просочується згори, то смолянисто-

асфальтенові компоненти сорбуються, зазвичай, у верхньому, гумусовому горизонті, іноді роблячи його міцно зчепленим. Це зменшує поровий простір ґрунту.

Смолянисто-асфальтенові компоненти – гідрофобні. Вони оточують коріння рослин, сильно погіршуючи доступ води та спричиняючи загибель рослин [5].

2.1. Вплив нафти і нафтопродуктів на компоненти навколишнього середовища

Сучасні темпи промислового розвитку та постійно зростаючий попит людства на енергію призвели до щорічного збільшення видобутку нафти у всьому світі. Тому в останні десятиліття питання, пов'язані з впливом нафтового та нафтохімічного виробництва на екологічні умови різних регіонів, загострюються.

На нафтових родовищах та вздовж нафтопроводів ґрунт, поверхневі та підземні води забруднені нафтою та НП та супутніми токсичними речовинами, що перетворює родючі землі на екологічно критично екосистему.

Нафта – це складна суміш органічних сполук: алканів (парафінів або ациклічних насичених вуглеводнів), деяких циклоалканів та ароматичних вуглеводнів різної молекулярної маси, а також сполук кисню, сірки та азоту. Типовими забруднювачами, що утворюються під час видобутку нафти, є вуглеводні (48%), окис вуглецю (32%) та тверді речовини (20%).

Нафта та НП визнані у всьому світі як пріоритетні забруднювачі. На всіх стадіях промислового використання цих продуктів, включаючи буріння, переробки, зберігання, транспортування та захоронення, спостерігається їх негативний вплив на ґрунт і рослинність, повітря, поверхневі та підземні води, екосистеми та здоров'я людини [6].

Ґрунт є одним із одержувачів забруднення нафтою. Забруднення ґрунтів тісно пов'язане зі збільшенням негативного впливу шкідливих речовин на тварин і рослини. У процесі освоєння нафтових і газових родовищ ґрунт забруднюється нафтою, НП, різними хімічними речовинами та високомінералізованими стічними водами.

Основною причиною погіршення екологічних умов у районах видобутку нафти та нафтопереробних заводів є випадкові витoki НП через технічний знос обладнання та аварійні ситуації, тому не можна виключати таку можливість. Отже, зменшення антропогенного впливу на навколишнє природне середовище досягається комплексно – як заходами профілактики НС, так і сучасними методами усунення їх наслідків.

Більшість аварійних розливів нафти (89-96%) спричиняють серйозну та безповоротну шкоду природним біоценозам [7]. У районі нафтопроводу є ділянки, де рослинність постійно порушена. У трубопроводі ширина зони пошкодження для однієї магістральної нитки коливається від 40 до 400 м [8]. Під час попаданні у ґрунт нафта і НП розподіляються інакше, ніж, наприклад, у водному середовищі.

У водному середовищі НП утворюють тонку плівку и далі емульсії, а якщо попадають у ґрунт, то вони проникають глибоко від поверхні. За рахунок капілярних сил вони всмоктуються ґрунтом та утримуються в такому стані довгий час, що призводить до зниження родючості ґрунту.

Якщо концентрація НП піднімається до такого рівня, що призводить до порушення екологічної рівноваги у ґрунтовій системі, зміни характеристик ґрунтових горизонтів, зміни водно-фізичних властивостей ґрунтів, зниження родючості, то ґрунти можна назвати забрудненими [9;10;11].

Через забруднення НП, у ґрунтового покриву зменшується концентрація кисню та порушується баланс вмісту органічних речовин. Це призводить до порушення поживного, водного та повітряного режимів, погіршується кореневе живлення рослин, формується некроз, що призводить до неможливості здійснити фотосинтез.

Збільшення концентрації вуглеводнів призводить до накопичення. Вуглеводні повільно розкладаються, а в процесі руйнування виділяються шкідливі утворення, такі як ароматичні вуглеводні, смоли, що перекривають капіляри ґрунту [12].

При достатньо великій кількості пролитої нафти вона потрапляє у ґрунтові та поверхневі води. При цьому поверхня надовго вилучається з господарського використання, а на території створюється сильна пожежонебезпека [13].

Забруднення нафтою створило новий екологічний стан, спричинивши глибокі зміни або повні перетворення в різних частинах природного біоценозу. Спільною рисою всіх забруднених нафтою ґрунтів є зміна кількості та різноманітності мікрофауни та мікрофлори в ґрунті. Відповідні типи реакції ґрунтових організмів на забруднення неоднозначні[14; 15]:

- відбувається масова загибель ґрунтової мезофауни. Через три дні після аварії велика кількість ґрунтових тварин повністю зникає або становить не більше 1% контролю. Для них найбільш токсичним є легкі фракції нафти;
- ґрунтові мікроорганізми після короткочасового інгібування реагує на нафтове забруднення підвищенням валової чисельності і підсиленням активності. Відбувається розвиток «спеціалізованих» груп, які на різних етапах приймають участь в утилізації вуглеводнів;
- в період розкладання нафти і НП у ґрунтах загальна кількість мікроорганізмів наближається до фонових значень, але кількість нафтоокислювальних бактерій ще тривалий час перевищує ті ж групи в незабруднених ґрунтах;
- зміна екологічного стану призводить до погіршення активності процесу фотосинтезу, яке здійснюється рослинними організмами. Це негативно впливає на розвиток ґрунтових водоростей, а саме: від їхнього часткового пригнічення та заміни одних груп іншими до випадання окремих груп або повної загибелі всіх водоростей;
- змінюється процес фотосинтезу у вищих рослин;
- на забруднених ґрунтах зменшується активність значної кількості ґрунтових ферментів.

Природний процес регенерації біогеоценозів в забруднених районах відбувається повільно, і швидкість формування екосистем на різних рівнях також різна. Формування тваринних сапрофітних комплексів відбувається набагато повільніше, ніж у мікроорганізмів та рослинності.

Самоочищення компонентів НС від нафти та НП – це біохімічний процес, який поступово трансформує забруднюючі речовини і пов'язаний із поступовим

відновленням біогеоценозу. До найпоширеніших етапів трансформації нафти та НП належать [16; 17; 18]:

- розкладання аліфатичних вуглеводнів;
- розкладання різних типів низькомолекулярних структур;
- перетворення високомолекулярних сполук — смол, асфальтенів, поліциклічних вуглеводнів.

Відповідно до етапів біодеградації нафти здійснюється відновлення біоценозів.

Внаслідок природних процесів, таких як випаровування, розчинення, утворення емульсій, поглинання живими організмами та випадання в осад, склад нафти постійно змінюється внаслідок розкладання та транспортування різних компонентів нафти.

Протягом декількох днів через випаровування летких компонентів зникло 25% нафтової плями. При тій же температурі низькомолекулярні компоненти в основному видаляються з нафтової плями шляхом розчинення, і швидкість розчинення ароматичних речовин швидша, ніж у парафінів. Основним абіотичним фактором перетворення ароматичних вуглеводнів, який важко знищити, є ультрафіолетове випромінювання. Фотохімічний процес може навіть розкласти найбільш стабільні поліциклічні вуглеводні протягом декількох годин. У ґрунті цей процес може здійснюватися лише на його поверхні [19; 20; 21].

Завдяки біохімічному окисленню бактерій, що містяться в ґрунті, ґрунтових розчинах та природній воді, компоненти природного середовища можуть самоочищатися від нафти та НП. Порівняно з процесом випаровування та розчинення, біохімічний (мікробний) вплив бактерій, грибів та інших мікроорганізмів на компоненти нафти набагато ширший і охоплює різноманітні речовини. Однак жоден мікроорганізм не може знищити всі компоненти сирої нафти. Вплив бактерій характеризується високою селективністю, а повне розкладання всіх компонентів нафти вимагає впливу різних бактерій. Це утворює багато проміжних продуктів, для знищення яких потрібні власні організми. Парафінові вуглеводні найлегше розщеплюються бактеріями. Більш стабільні

циклоалкани та ароматичні вуглеводні зникають із НС набагато повільніше [22; 23; 24; 21].

Самоочищення відбувається головним чином за рахунок розкладання нафти та НП, що містяться у воді або ґрунтових розчинах у розчинній формі. Швидкість розкладання є функцією фізичних параметрів середовища. Ці параметри включають температуру. Процес біохімічного окислення протікає з поглинанням кисню, тому процес самоочищення від нафти та НП відбувається лише в тонкому поверхневому шарі, які повністю насичені киснем.

Здатність ґрунту очищатися набагато гірша. Тому, коли ґрунт сильно забруднений нафтою та НП, єдиним способом відновлення ресурсного потенціалу району є, як правило, механічне видалення – заміна забрудненого ґрунту імпортованим чистим ґрунтом [25].

Оскільки ґрунт забруднений нафтою та НП, його самоочисна здатність руйнується, а фізичні та фізико-хімічні властивості ґрунту зазнали значних змін. Зокрема, внаслідок руйнування структури ґрунту та розпорошення ґрунтових частинок зменшується водопроникність ґрунту та порушується спосіб фільтрації ґрунту. У забрудненому ґрунті відношення вуглецю до азоту різко зростає за рахунок вуглецю нафти. Це погіршує азотний режим ґрунту та руйнує кореневе живлення рослини [11].

Природні екосистеми можуть самоочищатися завдяки фізичним, хімічним та мікробіологічним процесам, що руйнують вуглеводні, а вони дуже руйнівні. Однак, якщо джерело забруднення не вдається усунути вчасно, нафта та НП в ґрунті накопичуватимуться та спричинять негативні зміни у водній екосистемі, ґрунті та рослинності.

Нафта може перетворюватися в більш токсичні сполуки, які акумулюються в ґрунті. Забруднений ґрунт може стати джерелом отруйних речовин в організмі людини через поживний ланцюг: ґрунт-рослина-їжа; ґрунт-підземні води-людина; ґрунт-атмосфера-люди, які збільшують ризик появи екологічно зумовлених захворювань [26].

Аварійні розливи нафти та НП на землю (більше 10 л /м²) є особливо небезпечними. У цьому випадку концентрація НС у ґрунті досягає значення, при якому починають відбуватися негативні зміни у НС, а саме: загибель рослин або зниження продуктивності, морфологія ґрунту, зміна гідрофізичних властивостей та родючість ґрунту, вимивання небезпечних НП із ґрунту та їх розчинення у воді призводять до забруднення підземних та поверхневих вод [26].

Зважаючи на відмінності у технології виробництва та складі вуглеводнів та компонентів, рівні токсичності НП також різні.

Його можна розташувати в порядку збільшення токсичності: бензин, авіаційний керосин, дизель, моторне масло.

Серед досліджуваних НП найбільш токсичним є моторне масло, яке має прямий контакт і є менш токсичним – дизель, авіаційний керосин та бензин.

Токсичність обумовлена природою речовини: бензин є найбільш летким і має найбільш швидкий ефект. Для токсичної дії концентрація дизельного палива повинна бути вища. Моторне масло є найбільш токсичним, але завдяки своїй високій в'язкості та низькому випаровуванню воно може бути ефективним лише у разі безпосереднього контакту з живими організмами.

Вплив НП на здоров'я людини. Токсичність нафти, НП та газу, що виділяються, головним чином визначаються поєднанням деяких вуглеводнів (ароматичних вуглеводнів, фенолу). Важкий бензин більш токсичний, ніж легкий бензин, а токсичність вуглеводневих сумішей вища, ніж токсичність окремих компонентів. Під час переробки сірчаної нафти токсичність НП значно зростає. Найбільш шкідливим для людського організму є суміш вуглеводнів та сірководню. У цьому випадку виявлення токсичності відбувається швидше, ніж при ізольованому їх впливу.

За характером впливу на людину отруйних речовин у нафтовій промисловості розрізняють три типи:

- 1) нервові (важкі вуглеводні, сірководень, тетраетил свинець, меркаптани);
- 2) дратівливі (оксиди азоту і сірки);
- 3) кров'яні (монооксид вуглецю – утворює стійкий карб оксигемоглобін).

2.2. Вплив нафти та нафтопродуктів на стан ґрунтів і їх функції

Багатокомпонентний характер нафти та мінливість її складу визначають різнобічність її негативного впливу на ґрунт. Основними механізмами деградації ґрунту під час забруднення нафтою: токсичні компоненти безпосередньо пригнічують біологічні процеси; важкі вуглеводні роблять поверхню гідрофобною, зменшуючи вміст вологи в ґрунті та перешкоджаючи поглинанню поживних речовин. Через високу адсорбційну здатність ґрунту НП довго зберігаються в ґрунті, змінюючи тим самим свої фізичні, хімічні та біологічні властивості.

Дослідження фізико-хімічних властивостей забрудненого нафтою ґрунту показують, що у разі забруднення нафтою рН ґрунтового розчину лужний. Результати показують, що забруднені нафтою ґрунти з високим вмістом мінеральної води містять високі концентрації натрію. Натрій, що надходить у поглинальний комплекс ґрунту, замінює катіони, що визначають кислотність ґрунту, спричинюючи залуговування ґрунту (рН водної суспензії ґрунту можна підвищити з 5,0 до 8,3). Поєднання структурних частин ґрунту та нафти призведе до збільшення в'язкості та щільності ґрунтової маси, тим самим погіршуючи її повітряно-водний стан [27; 28]. Ґрунт, змочений НП, втрачає здатність поглинати і утримувати воду. Оскільки НП забруднюють ґрунт, внаслідок чого виникають анаеробні умови, окислювально-відновний потенціал змінюється, порушується баланс вуглецю та азоту, змінюється вміст поглинених лугів кальцію та магнію, це призводить до втрати родючості, ґрунти стають гідрофобним, підвищується ерозія, вивітрювання [29; 30].

Основним механізмом негативного впливу нафтових вуглеводнів є утворення стійкої гідрофобної плівки на поверхні частинок ґрунту. Однак, залежно від багатьох факторів, а саме: хімічних та фізичних властивостей забруднюючих речовин, водного стану та розподілу часток ґрунту, ступеня та тривалості забруднення, вплив вуглеводнів на властивості ґрунту як фізико-хімічної та дисперсійної системи сильно варіює. Отримані зміни можуть бути постійними, з часом можуть зменшуватися і можуть відбуватися лише в певні несприятливі роки

вологості. Гідрофобність ґрунтів, забруднених вуглеводнями, значною мірою залежить від концентрації забруднюючих речовин та їх якісного складу. Легка нафта та пов'язані з нею НП (бензин, гас) мають слабкий вплив на ці властивості ґрунту, і час впливу дуже короткий, а гідрофобний ефект мазуту та інших важких НП дуже сильний, і це спостерігається щонайменше п'ять років [27].

Потрібно 3-5 секунд, щоб крапля води вбралася в ґрунт, що забруднений бензином, гасом і дизелем, 20-30 секунд для мазуту і більше 10 хвилин для сильно забрудненого бітумізованого ґрунту. Тому під час тривалості негативного впливу забруднення дуже важливо створювати гідрофобні умови важкими вуглеводнями. Як результат, найбільшу небезпеку становлять мазут, смола та інші стійкі до розкладу НП [28].

Природне відновлення забруднених нафтою екосистем ґрунту є тривалим і складним процесом [31].

Порівнюючи гідрофобність ґрунту, забрудненого окремими НП, з динамікою гідрофобності ґрунту, забрудненого нафтою, можна зробити наступні висновки:

1. Хімічна активність ґрунту нафти залежить від великого вмісту вуглеводнів, оскільки вуглеводні розчинені в рідких легких вуглеводнях, а гідрофобна плівка на поверхні частинок ґрунту займає більшу площу і має сильніший ефект;

2. Гідрофобність ґрунту, отримана внаслідок забруднення нафтою, має певну фазу: перший рік після забруднення має сильний загальний ефект, другий або четвертий рік гідрофобність значно падає, але вона залишається на тому ж рівні, що у два рази перевищує фоновий.

Очевидно, що цей постійний рівень набутої гідрофобності обмежує врожайність рослин у несприятливі роки [32].

2.3. Джерела забруднення ґрунтового покриву нафтою і нафтопродуктами

Через високі робочі витрати на використання механічних, фізичних, хімічних та термічних методів очищення та обмеження можливостей, захист НС від

забруднення нафтою та НП (вуглеводнями) останнім часом набуває все більшого значення. Крім того, щороку збільшуються джерела нафти та НП у НС [33].

Оскільки вуглеводні можуть утворювати токсичні сполуки у ґрунті, поверхневих та підземних водах, НП є одними з найпоширеніших та найнебезпечніших техногенних забруднювачів.

Джерелом забруднення можуть бути об'єкти постачання нафти, тобто всі об'єкти, пов'язані з видобутком, зберіганням та переробкою нафти, транспортуванням та споживанням нафти та НП [34].

Забруднення землі (ґрунту) внаслідок діяльності автомобільних перевезень суттєво відрізняється від розливу нафти під час видобутку та транспортування, оскільки зі збільшенням концентрації речовин на поверхні НП поступово проникають у нижній шар [35].

Їхній перелік включає майже всі автотранспортні компанії, трубопровідні, нафтохімічні та нафтогазові галузі. Аварії, пов'язані з викидами вуглеводнів, пов'язані як із несправністю обладнання (найпоширенішою є електрохімічна корозія та біологічна корозія), так і через несанкціоноване просочування в трубопроводи [33; 34].

Під час будівництва свердловин для води потенційні забруднюючі речовини включають: промивну рідину та тампонажні розчини; бурові стічні води і буровий шлам; пластові флюїди; ППМ та інші відходи при будівництві нафтових свердловин. Ці наслідки вплинуть на різні компоненти природного середовища, включаючи ґрунт, прошарки води, підземні та поверхневі води [36].

Видобуток нафти пов'язане з подальшим її зберіганням на землі. Поступова фільтрація з об'єктів видобутку та місць зберігання може призвести до забруднення компонентів НС [37].

2.4. Джерела забруднення нафтопродуктів ґрунтів на території аеропорту

Найбільш серйозне забруднення НС, спричинене повітряним транспортом, відбувається в районі аеропорту. У той же час швидкість розподілу НП в аеропорту

та за його межами значною мірою залежить від метеорологічних умов. Найбільш чітко розуміння напрямку вітру та швидкості вітру, меншою мірою полягає у впливі температури, вологості та сонячної радіації на характер забруднення.

Через осідання твердих та пароподібних частинок в атмосфері, скидання технічних стічних вод, використання спеціальних рідин для очищення літаків та обробки злітно-посадкових смуг та інших причин певна кількість забруднюючих речовин потрапляє в ґрунт, осідає в ґрунті або поширюється на великі відстані разом з поверхневими і ґрунтовими водами. При цьому природний склад ґрунту неминуче порушується, а підземні води та відкриті водойми забруднюються. Через надзвичайні ситуації та технічні витoki на землю, а також потрапляння неочищених або необроблених маслянистих стічних вод, ґрунт забруднений НП в районі поблизу аеропорту. Під час зльоту та посадки літака рідкі та газоподібні продукти згоряння палива викидаються в атмосферу, осідають біля злітно-посадкової смуги та накопичуються в ґрунті. Коли нафтові вуглеводні потрапляють у ґрунт, морфологічні та фізіологічні характеристики ґрунту зазнають кардинальних змін. Глибина проникнення вуглеводнів залежить від тривалості забруднення, складу та концентрації нафтових компонентів, топографії та геохімічних характеристик території [38].

Забруднення підземних вод НП також відбувається поблизу аеропортів, головним чином через втрату рідкого палива під час заправки літаків та технічні помилки при транспортуванні та зберіганні..

2.5. Відновлення нафтозабруднених ґрунтів

В даний час для вирішення проблеми забруднення нафтою застосовуються різні методи. Проаналізовано існуючі методи відновлення якісних характеристик ґрунту, і результати показують, що одним із найбільш перспективних методів є фіторе mediaція.

Ремедіація – це низка робіт, спрямованих на виведення шкідливих забруднюючих речовин, відновлення продуктивності, економічної цінності земель

та поліпшення екологічних умов, включаючи: усунення розливів нафти як джерела вторинного забруднення, нейтралізацію залишкової нафти в ґрунті до рівня фітотоксичності і відновлення родючості забруднених ґрунтів до прийнятної господарської значущості. Усунення нафтового забруднення в ґрунті може здійснюватися різними методами: механічними – виїмка ґрунтів, збір НП; фізико-хімічними – спалювання, витягання парою, очищення ґрунту, адсорбція та відновлення територій за допомогою ініційованого гумінового сорбенту, використання активованого торфу, очищення твердих поверхонь за допомогою гідрофобного органо-мінерального нафтового сорбенту.

Відомі механічні, хімічні та фізичні методи трудомісткі, довготривалі, дорогі і не можуть забезпечити повне очищення. Крім того, вони часто спричиняють вторинне забруднення НС і ефективні лише при використанні на невеликих місцевих територіях та певному ступені забруднення (зазвичай не менше 1% нафти в ґрунті). Цей спосіб очищення забрудненого ґрунту має одноразовий ефект, тоді як біологічні методи мають більш тривалий вплив та стабільне поліпшення екологічних умов [6].

На основі використання мікроорганізмів-деструкторів нафти та НП (бактерій, дріжджів, грибків, цвілі), використання технології біоре mediaції є сучасним методом біологічної обробки забруднених нафтою ґрунтів.

Існує два основних методи реалізації біоре mediaції: біостимуляція та біоаугментація. Біологічна стимуляція, заснована на активації існуючої мікрофлори в природному середовищі, може бути використана в будь-якому місці, де природний мікробіоценоз зберігає свою життєздатність і має достатні характеристики видового різноманіття. Активізація мікрофлори здійснюється шляхом створення оптимального середовища для утворення певних видів мікроорганізмів – продуктів розпаду нафти. Як ми всі знаємо, забруднений нафтою ґрунт характеризується нестачею азоту, фосфору, мікроелементів і майже відсутністю води та кисню. У мікроорганізмів, у яких відсутні певні елементи, окислювальна активність вуглеводів різко падає, що призводить до зупинки процесу біоре mediaції. Поліпшення стану ґрунту в повітрі, воді та поживних речовинах досягається шляхом

обробітку ґрунту, розпушування, внесення поживних речовин та абсорбентів. В якості поживних речовин рекомендується використовувати різні субстрати: мінеральні та органічні добрива, рисову соломку та тирсу, компост, сидерат, білкові та вітамінні концентрати, добрива, пташиний послід з торфом, внесення яких призводить до значного зниження загальної кількості вуглеводнів за рахунок прискорення зростання мікробної популяції [39].

Багато публікацій вказують на перспективу біоаугментації, що включає додавання відносно великої кількості спеціальних мікроорганізмів до забрудненого ґрунту, які були попередньо виділені або генетично модифіковані від різних забруднювачів. Вибирають мікроорганізми, які найбільш ефективно справляються з цим забрудненням. При відборі мікроорганізмів-нафтодеструкторів для впровадження у середовище враховують загальну здатність мікроорганізмів до зростання на вуглеводневому субстраті і їх стійкість до токсичного впливу вуглеводнів.

2.6. Висновки до розділу

Отже, забруднення нафтою є одним із найнебезпечніших видів забруднення навколишнього середовища. Найбільше постраждали водні та наземні екосистеми. Серед різних компонентів наземної екосистеми нафта в основному забруднює ґрунт. Завдяки високій адсорбційній здатності нафта та нафтопродукти можуть зберігатися протягом тривалого часу, що не тільки призводить до деградації земель, але й має ризик потрапляння забруднюючих речовин у харчовий ланцюг, однією з ланки якої є людина. Самоочищення ґрунту – тривалий і складний процес, який не завжди закінчується повним відновленням ґрунтової екосистеми.

З'ясовано, що основними наслідками забруднення нафтою та нафтопродуктами ґрунту є:

- зруйнування екологічного балансу ґрунтової системи;
- зміни морфології ґрунтів, фізичних, хімічних та біологічних властивостей та зміни структури ґрунтового профілю;

- порушення природних взаємозв'язків між окремими групами та компонентами органічної речовини ґрунту;
- проникнення нафти та НП у підземні води;
- зменшення ґрунтової родючості.

РОЗДІЛ 3

ОСНОВНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НАФТОПРОДУКТАМИ

3.1. Сучасні методи визначення нафтопродуктів у ґрунтах

Сьогодні для визначення вмісту НС у ґрунті застосовуються різні фізичні, хімічні та біологічні методи.

Гравіметричний метод. Вилучення НП з проби малополярними розчинниками (хлороформ, гексан, пентан); очищення екстракту від полярних речовин пропусканням його через колонку з сорбентом (оксид алюмінію II ступеня, який містить 3% H_2O), силікагель, флоросил (основний силікат магнію), екстрагент видаляють випаровуванням і залишок зважують, отримуючи певну кількість «НП».

Флуориметричний метод. Дещо відрізняється від люмінесцентної хроматографії, базується на вилученні НП гексаном, очищенні екстракту, якщо це необхідно, а потім вимірюванні його інтенсивності флуоресценції, що спричинене світловим збудженням. Флуоресценція використовується не тільки для визначення НС, але і для визначення багатьох інших органічних сполук з інших джерел. Серед поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАР) легкі фракції НП є найбільш поширеними. Нафталін і метилнафталін.

УФ-спектрофотометричний метод. Через неструктурований спектр поглинання НП він рідко використовується.

Метод ІК-спектроскопії. Для моніторингу нафтових вуглеводнів найчастіше використовується метод інфрачервоної спектроскопії, за допомогою якого можна визначити кількість аліфатичних вуглеводнів та ПАР.

Метод газової хроматографії ГХ. Це не тільки виявлення НП, але і один з найефективніших методів виявлення його потрапляння в НС. Суть цього методу полягає у виділенні нафтових вуглеводнів у неполярній фазі в режимі програмування температури. Аналітичним сигналом є загальна площа кожного піку

на хроматограмі, починаючи від піку n-декану ($C_{10}H_{22}$) і закінчуючи піком n-тетраконтана ($C_{40}H_{82}$).

Газовий хроматограф з детектором маси дозволяє не тільки виявити загальний вміст НР, а й ідентифікувати та кількісно визначити нафтові вуглеводні, що дає змогу визначити джерело забруднення (визначити тип НР) та вжити заходів для усунення негативних наслідків.

Метод канальної тонкошарової хроматографії. Використовується для виявлення НР у польових умовах. Суть цього методу полягає у добуванні НР тетрахлоридом вуглецю. Частина екстракту вводиться в нижній продовжувач «каналу», відокремлений на пластині, обробляється хлороформом в закритому приміщенні, сушиться на повітрі і піддається дії йоду. Вуглеводні, знайдені в «руслі», - це прямокутні коричневі плями, з візуально оціненою площею [40].

3.2. Біоіндикація та біотестування

Багатокомпонентне забруднення нафтою, його зміна з часом, накопичення, висока стабільність і токсичність, мінливість складу вуглеводнів, відсутність встановлених нормативів ГДК, неможливість урахування екологічної небезпеки сумісної дії вуглеводнів, продуктів їх розкладу та взаємодії з присутніми у воді та ґрунті іншими хімічними речовинами. Для вирішення цієї проблеми потрібен комплексний підхід. Ефективним у цьому відношенні є моніторинг НС, який включає не лише виявлення змін фізичних та хімічних властивостей ґрунту, вивчення рівня нафтохімічного забруднення, але також визначення токсичного впливу такого забруднення на організми та зрештою вибір найкращого методу відновлення НС.

Традиційний аналіз та оцінка ступеня екологічної небезпеки шляхом визначення концентрації певних потенційно шкідливих речовин у НС та порівняння результатів з гранично допустимим вмістом не завжди є достатнім, особливо коли мова йде про вплив на живі системи. Хімічні методи вказують лише на концентрацію забруднюючих речовин. Вони трудомісткі, не завжди виражені, і

потребують дорогого обладнання та реагентів. Але їх головним недоліком є те, що вони не можуть оцінити фактичні біологічні ефекти окремих забруднюючих речовин та їх компонентів, наслідки сукупного впливу, а також перетворення та метаболітів. У зв'язку з цим сучасний екологічний моніторинг здійснюється шляхом обов'язкового використання біологічних методів: біологічних показників та біологічних тестів, що враховують різні негативні фактори, що впливають на живі організми, оскільки багато основних отрут потрапляє в НС та між основними хімічними речовинами [41].

Біологічні методи можуть всебічно оцінити якість середовища існування будь-якої біологічної популяції, включаючи людину. Вони показують загальний індекс токсичності зразка, що дозволяє швидко відповісти на наступне питання: чи є в навколишньому середовищі шкідливі для організмів токсичні речовини. Навіть за низьких концентрацій тривала присутність забруднюючих речовин на рівні ГДК може спричинити негативні зміни у НС, тому доцільність використання біологічних методів очевидна.

Біоіндикація забруднень, що заснована на вивченні різних біологічних, фізіологічних, анатомічних та інших умов розвитку організмів та їх спільнот, є системою моніторингу, яка широко застосовується під впливом зовнішніх факторів. Ці методи є дешевими, можуть охоплювати велику територію, яка одночасно вказується, і відносно легко інтерпретувати. Головною умовою успішної індикації є чітка реакція на фізичну або хімічну дію, яка є специфічною і може бути легко зафіксована візуально або за допомогою обладнання.

Пов'язаним методом біоіндикації є біологічний тест, який використовується для визначення сумарної токсичності НС і, на відміну від біологічного показника, він характеризує ступінь впливу забруднення на екосистему в конкретний час відбору проб. Ці методи близькі до методів хімічного аналізу і фактично можуть оцінити токсичність складного хімічного забруднення. Згідно з повідомленнями, використання систем біологічного тестування може виявити негативні зміни в екосистемі на дуже ранній стадії, оскільки вони ще не проявилися у вигляді морфологічних та структурних змін і не можуть бути виявлені іншими методами. Це

дає можливість прогнозувати порушення в екосистемі та вживати відповідних заходів заздалегідь. На думку Є. І. Єгорової, сукупний ефект різних комбінацій різних ефектів можна оцінити лише за допомогою біологічних тестів.

Методи біотестування повинні відповідати таким вимогам: виразність, зручність та простота впровадження; відтворюваність та надійність отриманих результатів; ефективність з точки зору матеріальних та трудових витрат; і об'єктивність отриманих даних.

Основним принципом біологічного тестування є оцінка суттєвої різниці будь-яких орієнтовних параметрів досліджуваного об'єкта, вказуючи на те, що життєва функція досліджуваного організму повністю або частково пригнічена в експерименті (токсичне середовище) та контролі (чисте середовище).

На цьому етапі відома велика кількість методів біотестування, що використовують різноманітні тест-організмів і тест-параметрів. Для визначення гострої та хронічної токсичності для природи та стічних вод можна використовувати стандартизовану систему тестування з використанням водних організмів: бактерії *Photobacterium phosphoreum*, представника найпростіших – інфузорії *Tetrahynema pyriformis*, водорості *Scenedesmus quadricauda*, ракоподібних *Daphnia magna* та *Ceriodaphnia affinis*, риби *Poecillia reticulata*, а також плодової мушки *Drosophila melanogaster* для аналізу генотоксичності НС.

Однак водні організми можуть використовуватися лише для гідрофільних речовин, що обмежує застосування водних організмів у біологічному моніторингу ґрунту. Для оцінки токсичності гідрофобних забруднювачів (таких як НП) цей метод є недійсним.

Для екологічної оцінки ґрунту дуже зручно використовувати ґрунтові біопедобіонти. Для різних типів забруднення при виборі методів слід враховувати діапазон чутливості.

3.3. Рослини як тест-системи для екологічної оцінки забруднених ґрунтів

Рослини вважаються найзручнішими об'єктами в біологічному моніторингу ґрунту, оскільки вони є основною ланкою харчового ланцюга, відіграють важливу роль в поглинанні різних забруднюючих речовин і часто піддаються дії через прикріплення до субстрату. Вони характеризуються доступністю, простотою вирощування, високою чутливістю до численних забруднювачів та можливістю оцінити загальний вплив шкідливих речовин на ґрунтову екосистему. Дослідження, проведені за їх допомогою, короткочасні, прості у виконанні та не вимагають складного лабораторного обладнання. Рослини – це свого роду дешеві біологічні матеріальні ресурси, вони не вибагливі до поживного середовища на початковій стадії розвитку організму, оскільки самі розсада та насіння містять відповідні запасні речовини.

Через генетичну неоднорідність рослин, їх різні види та різновиди по-різному реагують на вплив забруднюючих речовин. Деякі види можуть реагувати лише на один тип забруднювачів, тоді як інші можуть реагувати на дві або більше речовин, деякі взагалі не реагують, або їх реакція дуже слабка або чітка. Тому, вибираючи рослину для використання її як об'єкт біологічного моніторингу, слід враховувати певні вимоги – чітка реакція на забруднюючі речовини, видимі ознаки пошкодження, зміни швидкості росту, морфологічні зміни, порушення цвітіння, зміни продуктивності або врожайності. Рекомендується вибирати рослини, які не потребують умов вирощування та догляду, а також рослини, які рідко піддаються впливу шкідників та хвороб. Спеціальний метод біологічного аналізу для визначення забруднення НС забруднювачами зведений для оцінки ступеня зміни морфологічних параметрів тест-рослини.

Відомі різні методи та масштаби експериментального фітотестування. В основному фітотести можна розділити на три групи методів: лабораторні, вегетаційні і мікроділянкові. Лабораторний метод є найшвидшим та найекономнішим методом і має особливу актуальність з точки зору екологічного контролю. Є публікації, які показують, що вони мають більш високу чутливість

порівняно з вегетаційними і мікроділянковими, що зрозуміло, оскільки лабораторні методи дозволяють проводити дослідження в контрольованих умовах, забезпечуючи тим самим їх високу надійність.

Біотестування та біоіндикація забруднених нафтою ґрунтів у сільськогосподарських екосистемах базуються на реакціях сільськогосподарських рослин з різною чутливістю до цього фактора [42].

Існує багато рекомендацій щодо використання конкретних видів рослин. Деякі дослідники використовують насіння пшениці (*Triticum spp.*) Для екологічної оцінки забрудненого ґрунту, включаючи нафту. Інші, хто проводить лабораторні експерименти на рослинах, рекомендують використовувати насіння вівса (*Avena spp.*). Оскільки на думку розробників, насіння вівса забезпечують найбільш стабільні та відтворювані результати порівняно з насінням інших культур (таких як *Pisum*, *Cucumis*, *Triticum*, *Daucus* тощо).

Також для досліджень використовують льон звичайний (*Linum usitatissimum* L.). Це однорічна трав'яниста рослина родини Льонових (*Linaceae*). Стебло голе, циліндричне, заввишки 0,7-1,5 м, гіллясте у верхній частині. Коренева система стрижнева. Листки чергові, сидячі, вузьколанцетні або лінійні. Квітки правильні, двостатеві, небесно-сині або фіолетові, на квітконіжках зібрані на верхівці стебла у розлогі щіткоподібні суцвіття. Чашечка п'ятичленна, віночок – п'ятипелюстковий, тичинок п'ять або десять. Плід – яйцеподібна або куляста розтріскана коробочка, на якій безліч дрібних блискучих насінин. Цвіте з червня по серпень, а плоди дозрівають з серпня по вересень. Насіння містить слизовий матеріал (близько 12%), пектин, жирну олію (30-40%), білок (20-25%), цукор, каротин тощо. Рослина не потребує високих екологічних умов [43].

Багато робіт довели ефективність насіння крес-салату (*Lepidium sativum*). Це один з найбільш часто використовуваних об'єктів для біологічних досліджень води, донних відкладень, ґрунту, природних та штучних субстратів, радіаційного впливу, синтетичних хімічних речовин та їх сумішей. Якщо НС забруднене різними типами забруднювачів (ВМ, вуглеводнями, радіоактивними речовинами тощо), а також складним забрудненням, ця культура буде корисною.

Для діагностики та оцінки токсичності забрудненого нафтою ґрунту зазвичай розглядають такі показники: висота рослини, кількість, довжина і ширина листя, довжина черешка, кількість і довжина гілок, кількість квітів, розмір оцвітини та кількість плодів та насіння, загальна вага рослини та маса його частин тощо. Фізіологічні, біохімічні та цитогенетичні параметри рослинних тест-систем придатні для кількісної оцінки впливу факторів в умовах техногенного забруднення.

В даний час більшість дослідників використовують водні екстракти для тестування ґрунту. У цьому випадку еталонним об'єктом оцінки токсичності в більшості випадків є дистильована вода. Однак випробування рослинами водних екстрактів може занижити результати токсичності. Очевидно, що аналіз водних екстрактів у забрудненому ґрунті не може повністю відобразити потенційну небезпеку забрудненого зразка, оскільки деякі токсичні компоненти зв'язуються в ґрунті і не потрапляють у розчин. Крім того, розподіл частинок за розміром досліджуваного об'єкта також дуже важливий. Очевидно, що при однаковій концентрації речовин токсична дія глинистих предметів буде меншою, ніж пісок через менше використання токсичних компонентів для рослин [44].

3.4. Висновки до розділу

Таким чином, для екологічної оцінки стану ґрунту найвигідніше використовувати рослинні тест-організми, оскільки вони характеризують стан середовища, в якому ростуть, швидко розмножуються, по-різному реагують на дію шкідливих чинників і тим самим дають змогу вибирати найдоцільнішу відповідну реакцію для конкретного дослідження. Однак, питання екологічної оцінки нафтозабруднених ґрунтів, з використанням рослин є не вирішеним. Не встановлено рослинні тест-об'єкти, селективно чутливі до нафти та окремих видів нафтопродуктів, не з'ясовано на якій стадії проростання рослин найдоцільніше вимірювати ростові характеристики, яка чутливість тест-об'єктів при різних рівнях забруднення, та як проводити цифрову оцінку токсичності.

Також, з'ясовано, що серед перспективних, екологічно та економічно вигідних методів відновлення забруднених нафтою ґрунтів біологічні методи є пріоритетними, особливо очищення за допомогою рослин. Однак низька біодоступність, гідрофобність та токсичність забруднюючих речовин роблять фітореMediaцію часто неефективною. Тому необхідно вдосконалити метод очищення рослин забрудненого нафтою ґрунту шляхом відбору та використання стійких до нафти багаторічних рослин, які можуть накопичувати азот в атмосфері та рости в рівному та пухкому ґрунті, щоб забезпечити очищення забрудненого нафтою ґрунту за мінімальних витрат.

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІТОТОКСИЧНОСТІ ҐРУНТУ

Деградація рослинного покриву та ґрунтів, що спричинено діяльністю людини, є однією з найважливіших екологічних проблем сьогодні. Рослинність і ґрунт є потужними біохімічними бар'єрами, які можуть концентрувати забруднювачі з різних джерел.

Вплив нафтового забруднення на рослини відбувається двома шляхами: безпосередньо через проникнення компонентів нафти в коріння або продири листя та включення їх в обмін речовин; і побічно через зміни фізичного та хімічного складу ґрунту та порушення його біологічних характеристик. Компоненти рідкої частини НП проникають у рослинний організм через кореневу систему, що спричиняє мутагенні реакції, а морфологічний розвиток та фенологічний будуть відхилятися від нормального розвитку.

Фітотоксичність ґрунту – загальний показник, який можна використовувати для характеристики впливу ґрунту на вищі рослини.

Якщо в ґрунті є токсичні речовини, вони будуть пригнічувати розвиток рослин і проростання насіння.

Основним критерієм токсичності ґрунту є оцінка динаміки проростання насіння та кількість пророслого насіння за певний період часу.

Для виявлення токсичності у ґрунтовому покриві та водному середовищі використовуються фітотести, в яких рослини здатні адекватно реагувати на екзогенний хімічний вплив шляхом зниження схожості насіння, інтенсивності проростання коренів і пагонів, отже, бути в ролі індикаторів токсичності.

Фітотестування засноване на чутливості рослин до екзогенного впливу хімічних речовин, яке відображається на ростових та морфологічних характеристиках. Основними вимогами методу є: виразність, зручність та простота експериментів, повторюваність та надійність результатів, економічність та об'єктивність.

На основі отриманих результатів побудовано графічні залежності впливу концентрацій НП у ґрунтах на ростові характеристики льону.

4.1. Біотестування зразків ґрунту, штучно забрудненого авіаційним керосином марки ТС-1

Експериментальні дослідження склалися з двох етапів.

I етап полягав у біотестуванні зразків ґрунту, штучно забрудненого авіаційним керосином марки ТС-1 у різній кількості по відношенню до ОДК.

II етап полягав у біотестуванні зразків ґрунту відібраних на території, прилеглої до аеропорту «Київ».

Мета: Визначення фітотоксичності ґрунту за допомогою рослинного біотесту льону (*Linum usitatissimum* L.).

Матеріали та методи: проби ґрунту, насіння рослин, термостат, перліт, ростильні, нафтопродукти.

Порядок виконання експерименту:

1) Підготовка та розподіл 5-ти проб ґрунту по ростильням у кількості 200 г (рис.4.1-4.2). Характеристика ґрунтової суміші надана у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Характеристики ґрунтової суміші

Масова частка органічної речовини, %, не менше	70
Зольність, %, не більше	30
Масова частка азоту нітратного, мг/100г, не менше	12
pH, одиниць	5,0 - 7,0
Масова частка амонійного азоту, мг/100г, не менше	3

1	2
Масова частка рухомого фосфору (P_2O_5), мг/100г, не менше	15
Масова частка рухомого калію (K_2O), мг/100г, не менше	20
Склад	торф верховий, торф низинний.



Рис.4.1. Розподілення 200 г ґрунту по ростильням



Рис.4.2. Проби ґрунту

2) Додавання нафтопродуктів до ґрунту (рис.4.3).

Згідно санітарних норм та правил вміст НП у ґрунті не нормується. Існує тільки посилання на ОДК 0,2 г/кг у «Методиці визначення збитку, обумовленого забрудненням і засміченням земельних ресурсів у результаті порушення природоохоронного законодавства».

У РД 41-5804046-200-91 «Охорона навколишнього середовища при будівництві розвідувальних і експлуатаційних свердловин на нафту і газ» визначена ОДК для ґрунту – 4 г/кг, що широко використовується для аналізу забрудненості ґрунтів НС.



Рис.4.3. Ґрунт, штучно забруднений авіаційним керосином

У якості контролю використовували чистий ґрунт, що не піддавалися впливу керосину.

ОДК у пробах ґрунту:

I – чистий ґрунт;

II – 1 ОДК (0,04 г);

III – 10 ОДК (0,4г);

IV – 100 ОДК (4 г);

V – 1000 ОДК (40 г).

3) Додавання по 100 мл дистильованої води.

4) Відрахування певної кількості насінин (льон – 272 шт) та висівання в ґрунт (рис.4.4-4.5).



Рис.4.4. Насіння льону

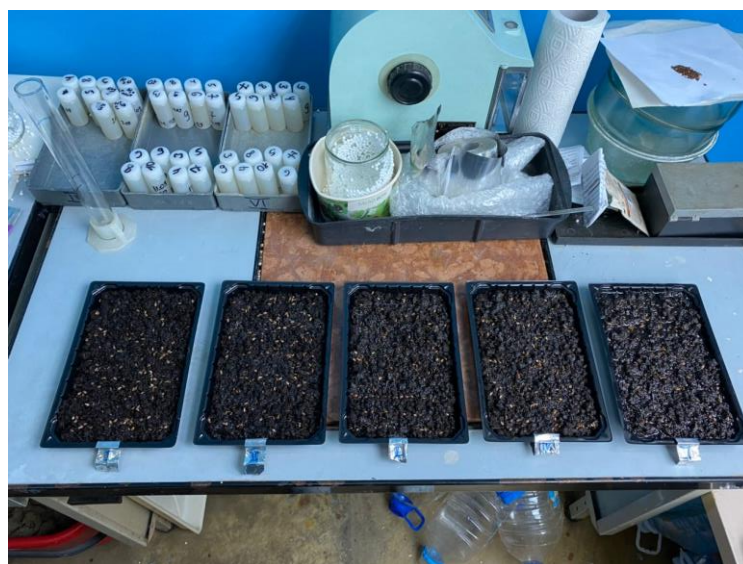


Рис.4.5. Висівання насіння в штучно забруднений авіаційним паливом ґрунт

5) Для забезпечення більшого контакту насінин з вологою щільно засипаємо їх перлітом та додатково зволожуємо через пульверизатор.

6) Накриваємо лотки плівкою та поміщаємо в термостат з постійним освітленням та температурою 23C (рис.4.6).



Рис.4.6. Розміщення проб ґрунту у термостаті

7) Робимо заміри довжини кореня та стебла рослин на 3, 5, 7 добу (рис.4.7).








Рис.4.7. Визначення ростових характеристики проростків льону

Вигляд та довжина тест-рослини надана у таблицях 4.2-4.4.

Таблиця 4.2.


Вигляд та довжина тест-рослини, що вирощена на штучно забрудненому нафтопродуктами ґрунті на 3 добу





№ з/п	Вид досліджуваного зразка на третю добу	Характеристика зразка	Довжина тридобових проростків, см
1		I – контрольна проба без забруднення нафтопродуктами	7,6
2		II – 0,2 г/кг (1 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	7,1
3		III – 2 г/кг (10 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	5,99

1	2	3	4
4		IV – 20 г/кг (100 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	2,21
5		V – 200 г/кг (1000 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	1,29

Таблиця 4.3.


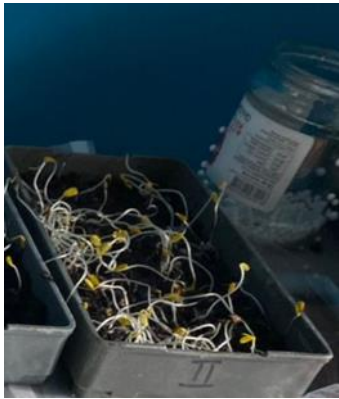

Вигляд та довжина тест-рослин, що вирощені на штучно забрудненому нафтопродуктами ґрунті на 5 добу

№ з/п	Вид досліджуваного зразка на п'яту добу	Характеристика зразка	Довжина п'ятидобових проростків, см
1		I – контрольна проба без забруднення нафтопродуктами	12,99

1	2	3	4
2		II – 0,2 г/кг (1 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	11,96
3		III – 2 г/кг (10 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	9,44
4		IV – 20 г/кг (100 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	2,41
5		V – 200 г/кг (1000 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	0,79

Таблиця 4.4

Вигляд та довжина тест-рослин, що вирощені на штучно забрудненому
нафтопродуктами ґрунті на 7 добу

№ з/п	Вид досліджуваного зразка на сьому добу	Характеристика зразка	Довжина семидобових проростків, см
1		I – контрольна проба без забруднення нафтопродуктами	15,73
2		II – 0,2 г/кг (1 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	14,11
3		III – 2 г/кг (10 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	15,86

1	2	3	4
4		IV – 20 г/кг (100 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	7,38
5		V – 200 г/кг (1000 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	0,00

Також, була проведена порівняльна характеристика щодо контролю (таблиця 4.5). Визначали різницю (у %) показників між забрудненим і контрольним чистим ґрунтом.

Таблиця 4.5

Порівняльна характеристика ростових характеристик тест-рослин, що вирощені на штучно забрудненому нафтопродуктами ґрунті, на 3, 5 та 7-му доби інкубації щодо контролю

Проба ґрунту	Довжина тридобових проростків щодо контролю, %	Довжина п'ятидобових проростків щодо контролю, %	Довжина семидобових проростків щодо контролю, %
I – контрольна проба без забруднення нафтопродуктами	100	100	100
II – 0,2 г/кг (1 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	93,42	92,08	89,70
III – 2 г/кг (10 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	73,63	66,95	90,44
IV – 20 г/кг (100 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	21,41	12,42	42,42
V – 200 г/кг (1000 ОДК авіаційного керосину марки ТС-1)	3,63	0,76	0,00

8) На основі отриманих експериментальних даних, побудовано графіки залежності ростових характеристик рослин у залежності від вмісту НС у пробах ґрунту (рис.4.8-4.10).

У результаті аналізу отриманих у результаті виконання експериментальних досліджень, можемо зробити висновок про те, що відбувається зменшення активності росту рослин з підвищеним рівнем забруднення ґрунтів НС.

Виявлено, що маленькі концентрації нафти та НС у ґрунті (за різними даними до 5 %) не чинять істотного впливу або навіть можуть стимулювати ріст рослин, збільшуючи такі показники, як схожість, біомасу, довжину наземної чи підземної частини, вміст хлорофілів у листках. При подальшому збільшенні вмісту нафти у ґрунті починає відбуватися істотний пригнічуючий вплив або ж повна загибель рослин [19, 26].

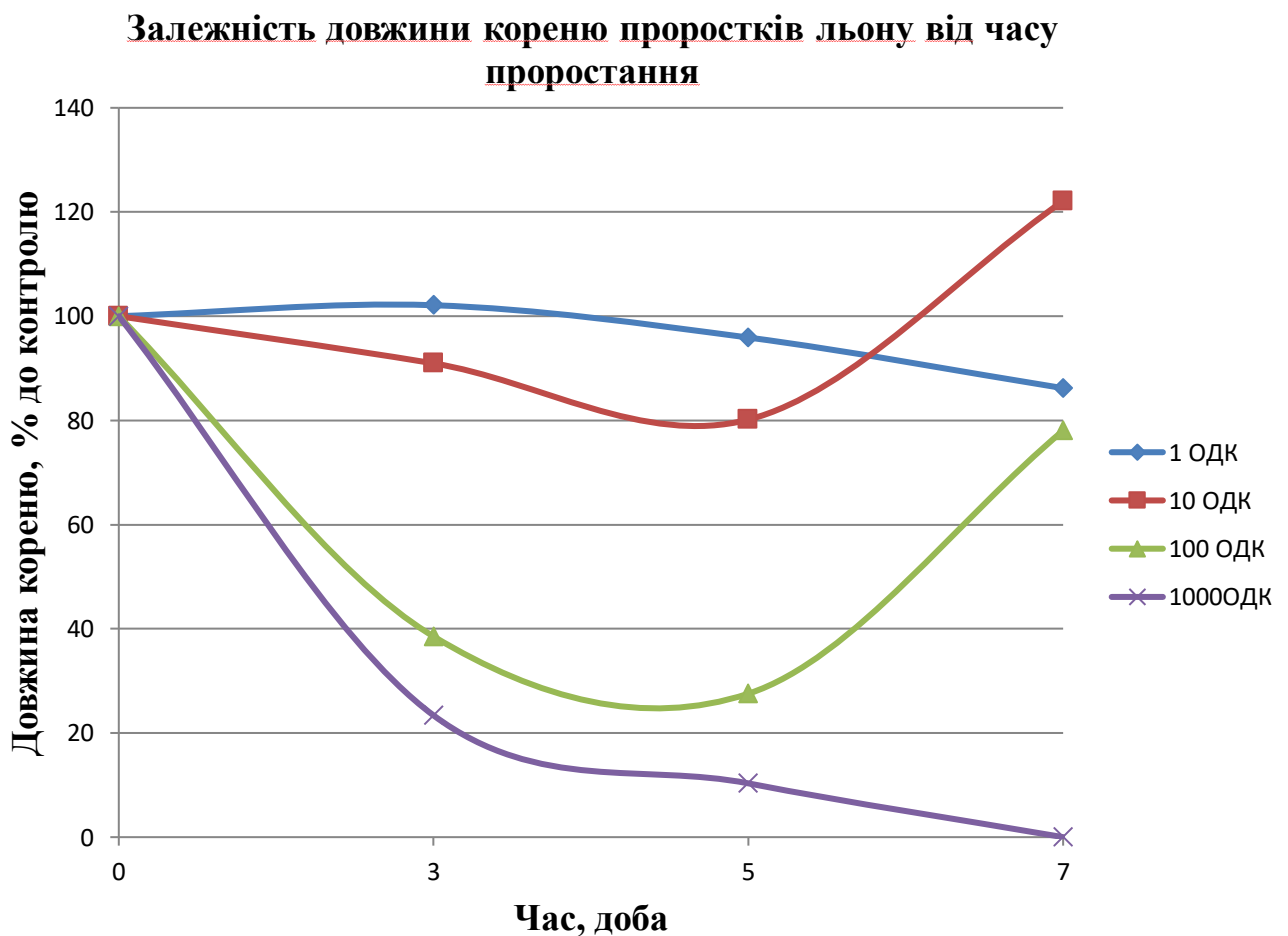


Рис.4.8. Порівняльна характеристика залежності довжини кореню проростків льону від часу проростання

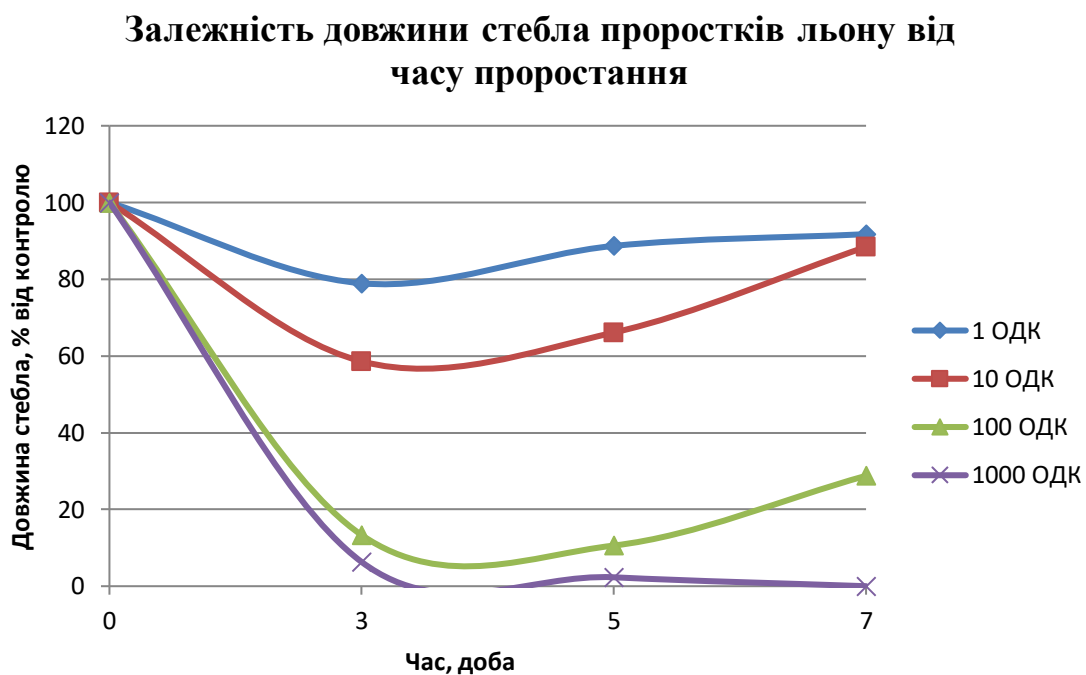


Рис.4.9. Порівняльна характеристика залежності довжини стебла проростків льону від часу проростання

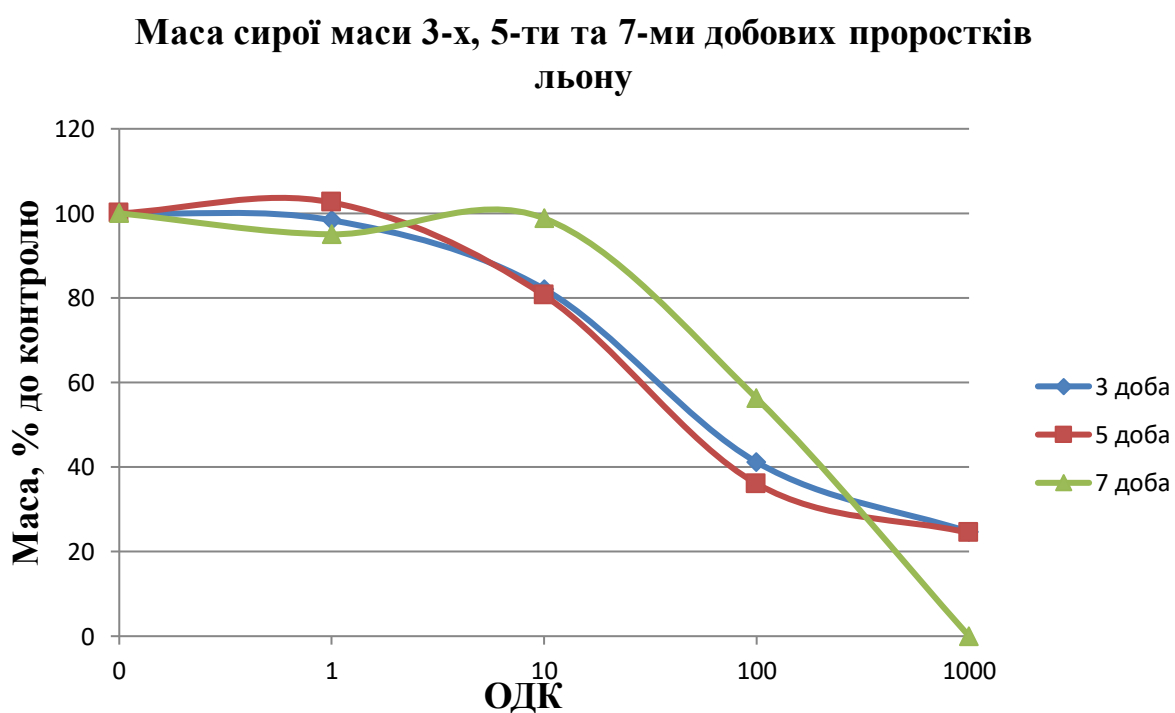


Рис 4.10. Порівняльна характеристика сирої маси 3-х, 5-ти та 7-ми добових проростків льону

9) Визначено індекс фітотоксичності (рис.4.11-4.16).

Фітотоксичний ефект (ФЕ, %) визначали у відсотках за довжиною кореневої та наземної частини за формулою (таблиця 4.6):

$$\text{ФЕ} = \frac{(L_0 - L_x)}{L_0} * 100\% ,$$

де L_0 – це середня довжина кореневої чи надземної частини рослин, вирощених на зразках ґрунту з контрольної точки; L_x – це середня довжина кореневої чи наземної частини рослин, вирощених на ґрунті з досліджуваних ділянок.

Таблиця 4.6.

Індекс фітотоксичності на 3,5 та 7 доби

Індекс фітотоксичності						
	3 ДОБА		5 ДОБА		7 ДОБА	
	Корінь	Стебло	Корінь	Стебло	Корінь	Стебло
2	-2,11	21,05	4,10	11,30	13,82	8,25
3	9,05	41,40	19,85	33,88	-22,11	11,57
4	61,47	86,67	72,46	89,40	21,97	71,23
5	76,63	93,68	89,67	97,68	100,00	100,00

3 доба – корінь проростків льону

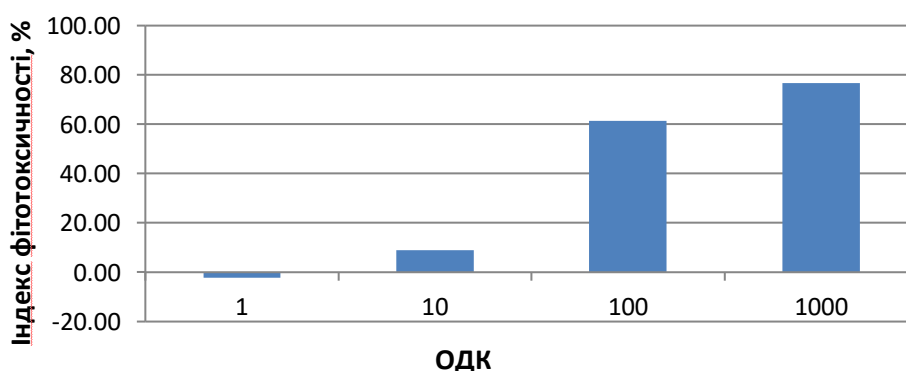


Рис.4.11. Порівняльна характеристика залежності індексу фітотоксичності кореню від ОДК на 3 добу пророщування насіння льону

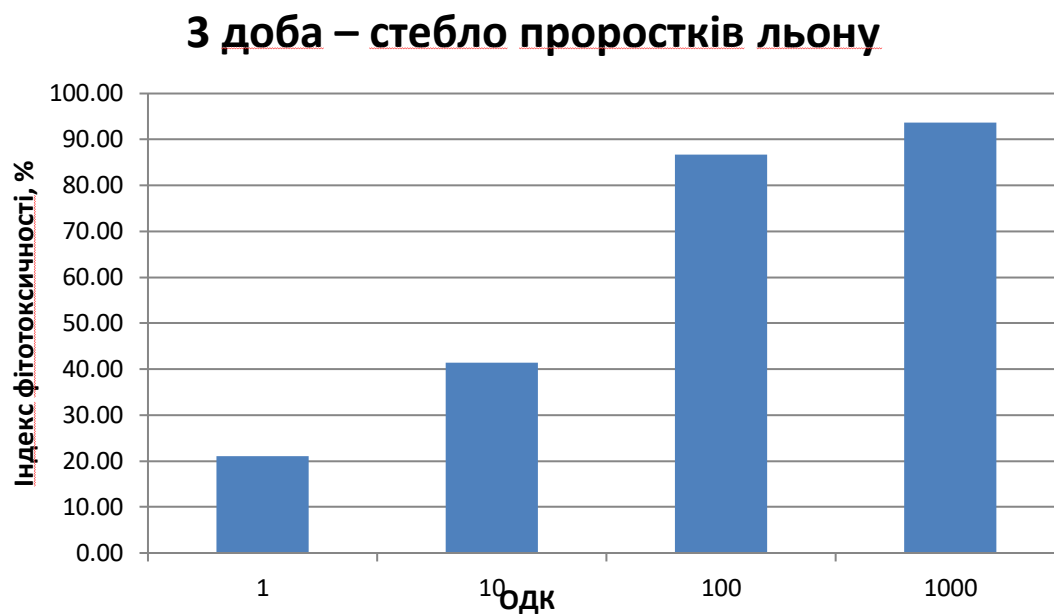


Рис.4.12. Порівняльна характеристика залежності індексу фітотоксичності стебла від ОДК на 3 добу пророщування насіння льону

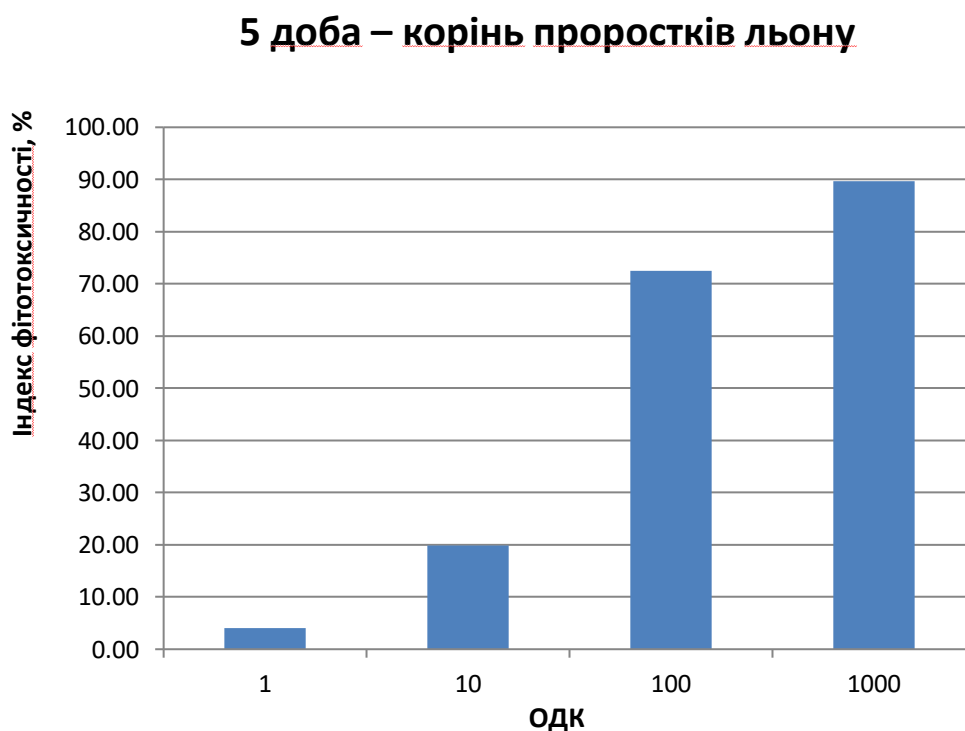


Рис.4.13. Порівняльна характеристика залежності індексу фітотоксичності кореню від ОДК на 5 добу пророщування насіння льону



Рис.4.14. Порівняльна характеристика залежності індексу фітотоксичності стебла від ОДК на 5 добу пророщування насіння льону

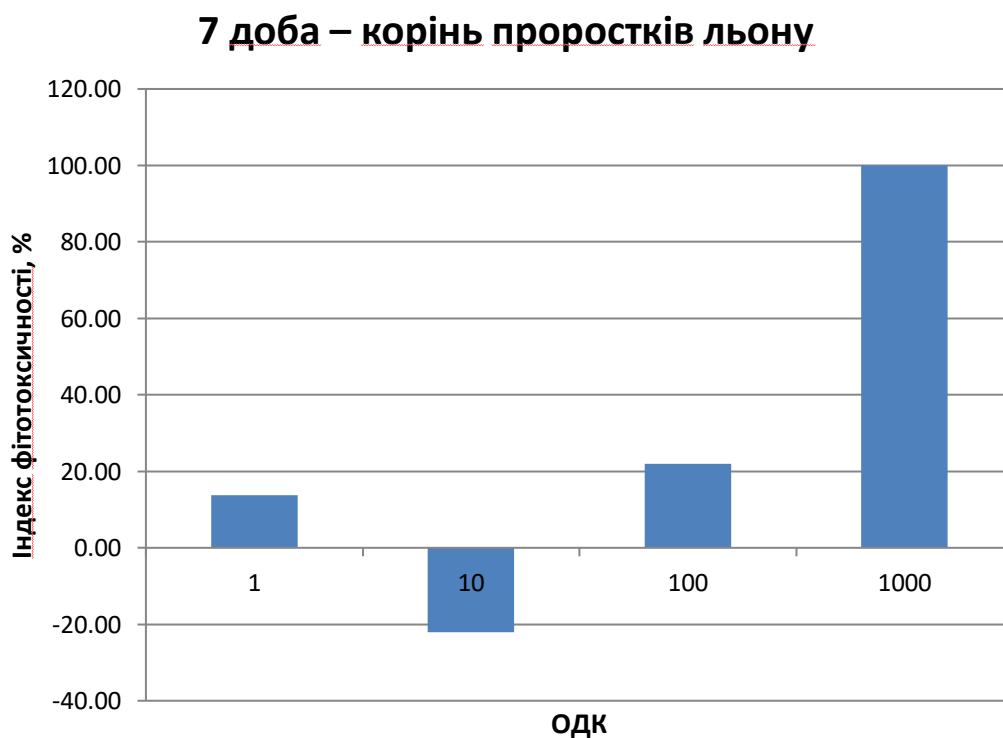


Рис.4.15. Порівняльна характеристика залежності індексу фітотоксичності кореню від ОДК на 7 добу пророщування насіння льону

7 доба – стебло проростків льону

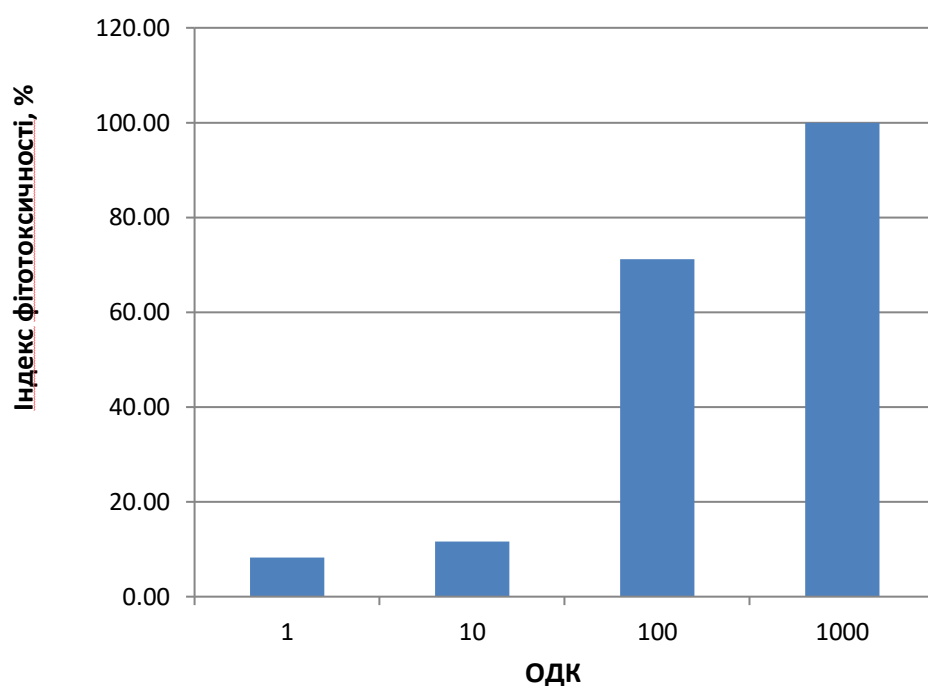


Рис.4.16. Порівняльна характеристика залежності індексу фітотоксичності стебла від ОДК на 7 добу пророщування насіння льону

Оцінку токсичності субстратів визначали за п'ятибальною шкалою (таблиця 4.7)

Таблиця 4.7.

Шкала рівнів токсичності ґрунтів

Фітотоксичний ефект, %	Рівень токсичності
0-20	Відсутній або слабкий рівень
20,1-40	Середній рівень
40,1-60	Вище середнього рівня
60,1-80	Високий рівень
80,1-100	Максимальний рівень

4.2. Біотестування зразків ґрунту відібраних на території, прилеглій до аеропорту «Київ»

Наступним етапом дослідження було визначення за аналогічною методикою за допомогою біотестування рівень забруднення ґрунту на території, прилеглій до аеропорту «Київ». Представлені результати дослідження відображені у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8.

Результати дослідження ростових характеристик льону,
що використовувались для біотестування

№ Проби	Відстань від аеропорту	Довжина кореня, см	Довжина стебла, см
1	5 м, верхній шар ґрунту	1,9	3,6
2	5 м, нижній шар ґрунту	1,4	2,9
3	500 м, верхній шар ґрунту	2	3,8
4	500 м, нижній шар ґрунту	2,1	5,8
5	1000 м, верхній шар ґрунту	2,3	4,1
6	1000 м, нижній шар ґрунту	2,8	4,2
7	1500 м, верхній шар ґрунту	1,3	2,2
8	1500 м, нижній шар ґрунту	2,8	4,9
9	2000 м, верхній шар ґрунту	3,2	5,3
10	2000 м, нижній шар ґрунту	4	6,2
11	Контрольна проба - верхній шар ґрунту	4,2	7,6
12	Контрольна проба - нижній шар ґрунту	3,7	7,2

На основі виконаних вимірювань також обчислено фітоксичний ефект хімічного забруднення ґрунту території поблизу аеропорту (таблиця 4.9).

Таблиця 4.9.

Індекс фітотоксичності на територіях прилеглих до аеропорту

Індекс фітотоксичності		
№ Проби	Корінь	Стебло
1	54,76	52,63
2	62,16	59,72
3	52,38	50,00
4	43,24	19,44
5	45,24	46,05
6	24,32	41,67
7	69,05	71,05
8	24,32	31,94
9	23,81	30,26
10	-8,11	13,89

Порівняльна характеристика залежності індексу фітотоксичності кореня та стебла від відстані до аеропорту відображена на рис.4.17-4.18.

Аналіз отриманих результатів щодо дослідження фітотоксичного ефекту проб ґрунту відібраних на території, прилеглий до аеропорту, показав для 3-х проб середній рівень токсичності, а для 6-ти проб ґрунту – високий рівень токсичності. Щодо високого рівня фіто токсичності проби ґрунту, відібраної на відстані 1500 м від злітно-посадкової смуги аеропорту, то це пов'язано з наявністю автомобільної дороги, безпосередньо біля місця відбирання даної проби. Що, у свою чергу, свідчить, що до хімічного впливу діяльності аеропорту, на верхній шар даної проби ґрунту, накладається вплив викидів автомобільного транспорту.

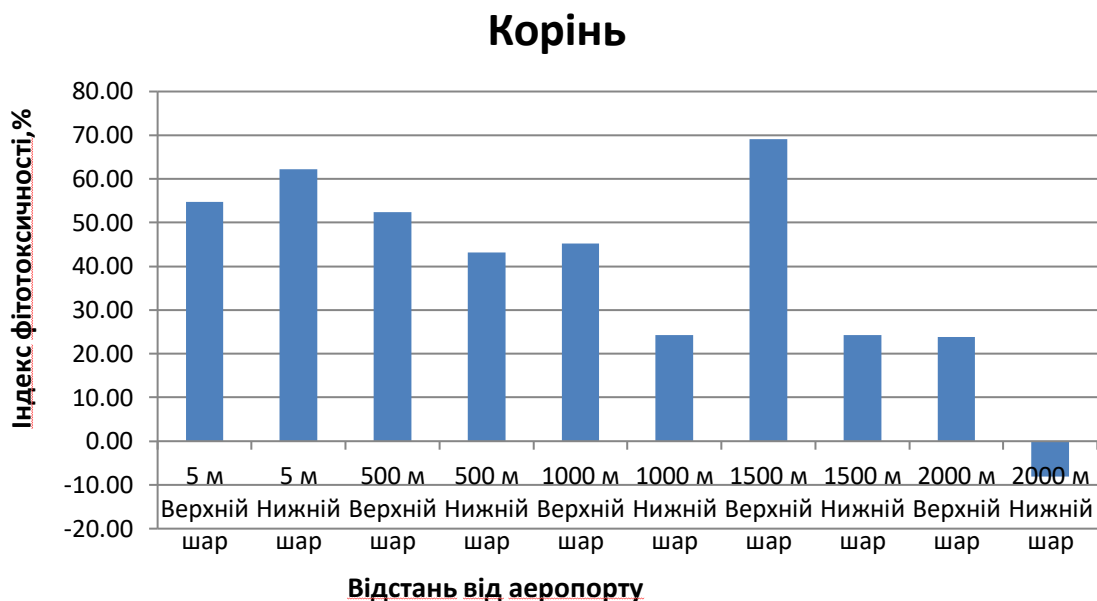


Рис. 4.17. Порівняльна характеристика залежності індексу фітотоксичності кореню від відстані до аеропорту

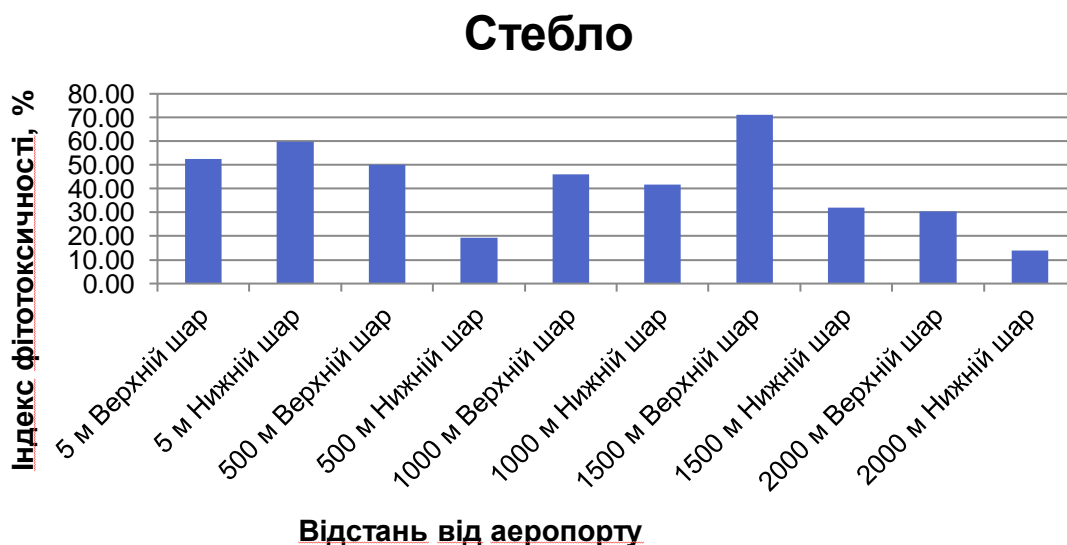


Рис. 4.18. Порівняльна характеристика залежності індексу фітотоксичності стебла від відстані до аеропорту

4.3. Висновки до розділу

Отже, вплив нафтового забруднення на рослини відбувається двома шляхами: безпосередньо, внаслідок проникнення компонентів нафти через кореневу систему або продири листків з включенням їх у метаболізм та опосередковано, через зміни

фізико-хімічного складу ґрунту і відповідно порушення його біотичних властивостей. Проникнення компонентів рідких фракцій НП у рослинний організм через кореневу систему зумовлює мутагенні реакції, морфогенетичні і фенологічні відхилення від нормального розвитку.

Фітотоксичність ґрунту – це загальний показник, за яким можна характеризувати вплив ґрунту на вищі рослини.

Якщо в ґрунті є токсичні речовини, то вони будуть пригнічувати розвиток рослин і проростання насіння.

Первинним критерієм токсичності ґрунту є оцінка динаміки проростання насіння та кількість пророслого насіння за певний час.

Для виявлення токсичності ґрунту і води широко використовуються фітотести, в яких рослини здатні адекватно реагувати на екзогенний хімічний вплив шляхом зниження схожості насіння, інтенсивності проростання коренів і пагонів, отже, виступати в ролі індикаторів токсичності.

Аналіз отриманих результатів щодо дослідження фітотоксичного ефекту проб ґрунту штучно забрудненого авіаційним керосином, підтвердив зростання фітотоксичного ефекту зі збільшенням вмісту НС у пробі ґрунту.

Аналіз отриманих результатів щодо дослідження фітотоксичного ефекту проб ґрунту відібраних на території, прилеглої до аеропорту, показав для 3-х проб середній рівень токсичності, а для 6-ти проб ґрунту – високий рівень токсичності.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз шкідливих та небезпечних чинників на працівників у лабораторіях

Відповідно до Гігієнічних нормативів ГН 3.3.5-8-6.6.1-2002 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» шкідливими виробничими факторами є:

1. Фізичні фактори:

- мікроклімат: температура, вологість, швидкість руху повітря, теплове випромінювання;
- неіонізуючі електромагнітні поля і випромінювання: електростатичні поля, постійні магнітні поля (в т. ч. геомагнітне), електричні і магнітні поля промислової частоти (50 Гц), електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону, електромагнітні випромінювання оптичного діапазону (у т. ч. лазерне та ультрафіолетове);
- іонізуючі випромінювання;
- виробничий шум, ультразвук, інфразвук;
- вібрація (локальна, загальна);
- освітлення - природне (відсутність або недостатність), штучне (недостатня освітленість, пряма і відбита сліпуча блискість, пульсація освітленості).

2. Хімічні фактори: речовини хімічного походження, деякі речовини біологічної природи, які отримані хімічним синтезом, та/або для контролю яких використовуються методи хімічного аналізу.

3. Біологічні фактори: мікроорганізми-продуценти, живі клітини і спори, які містяться в препаратах, патогенні мікроорганізми.

4. Фактори трудового процесу.

4.1. Важкість праці – характеристика трудового процесу, що відображає переважне навантаження на опорно-руховий апарат і функціональні системи організму (серцево-судинну, дихальну та ін.), що забезпечують його діяльність.

4.2. Напруженість праці – характеристика трудового процесу, який відображає навантаження переважно на центральну нервову систему, органи чуттів, емоційну сферу працівника.

5. Небезпечний виробничий фактор – фактор середовища і трудового процесу, який може бути причиною гострого захворювання, раптового різкого погіршення здоров'я або смерті.

Залежно від кількісної характеристики рівнів і тривалості дії окремі шкідливі виробничі фактори можуть стати небезпечними.

5.2. Вплив на працівників у хімічних лабораторіях

Авіаційний керосин ТС-1 (ГОСТ 10227-86) отримують з середньодистилятних фракції нафти шляхом прямої перегонки нафти.

Основні експлуатаційні властивості (керосин ТС-1 авіаційний):

- достатня випаровуваність для забезпечення повноти згорання;
- високі повнота і теплота згорання для визначення дальності польоту;
- високі прокачувальні і низькотемпературні властивості для подачі в камеру згорання;
- низька схильність до утворення відкладень;
- хороші сумісність з матеріалами і протизносні і антистатичні властивості.

Область застосування: керосин ТС-1 авіаційний призначений для використання в літаках дозвукової авіації.

Технічні характеристики (гас ТС-1 авіаційний):

- Щільність при 20 ° С - не менше 780 кг / м³.

- Температура початку перегонки - 150° С.
- 10% відганяється при температурі - не вище 165 ° С.
- 50% відганяється при температурі - не вище 195 ° С.
- 90% відганяється при температурі - не вище 230 ° С
- 98% відганяється при температурі - не вище 250 ° С
- Кінематична в'язкість: при 20 ° С, не менше 1,3 (1,3) мм² / с (сСт).
- Кінематична в'язкість: при -40 ° С, не більше 8 мм² / с (сСт).
- Низька теплота згоряння - не менше 43120 кДж / кг.
- Висота коптить полум'я - не менше 25 мм.
- Кислотність, мг КОН на 100 см³ палива, не більше 0,7.
- Йодне число, г йоду на 100 г палива, не більше 2,5.
- Температура спалаху в закритому тиглі - не нижче 28 ° С
- Температура початку кристалізації - не вище -50 ° С
- Термоокислювальна стабільність в статичних умовах при 150 ° С, концентрація осаду мг на 100 см³ палива, не більше 18.
- Масова частка ароматичних вуглеводнів - не більше 22%.
- Масова частка загальної сірки - не більше 0,2%.
- Масова частка меркаптанової сірки - не більше 0.003%
- Випробування на мідній пластинці при 100 ° С, 3 год. витримує.
- Зольність - не більше 0,003%.

У робочих приміщеннях хімічних лабораторій вміст пилу, газів і пари шкідливих речовин не повинен перевищувати ГДК, встановлених ГОСТ 12.1.005-88. Постійна робота з підвищеним вмістом парів керосину спричиняє отруєння організму. Тому в робочих зонах гранична концентрація парів у повітрі не повинна бути більше 300 мг/м³.

При неправильному поводженні з речовинами хімічного походження визиває отруєння працівників, хімічні опіки, розвиток професійних захворювань. Міністерство надзвичайних ситуацій України наказом від 11 вересня 2012 року №1192 затвердило нові «Правила охорони праці під час роботи у хімічних лабораторіях».

Пари керосину при вдиханні подразнюють слизові оболонки дихальних шляхів і викликають кашель. ГДК парів у повітрі робочих приміщень не більше 0,3 мг/л. При гострому отруєнні керосином визиває сонливість, швидку стомлюваність, шум у вухах, розлад травлення і роздратування верхніх дихальних шляхів. У разі хронічного отруєння виникають головні болі, втрата апетиту, свербіж шкіри, болі в області серця, загальна слабкість, схуднення і безсоння. Довга дія керосину на шкіру викликає гострі і хронічні захворювання типу дерматитів і екзем.

Характеристика небезпеки та правила зберігання наведені у таблицях 5.1-5.2.

Таблиця 5.1

Ідентифікація небезпеки (небезпек)

Ступінь небезпеки хімічної продукції в цілому:	Клас небезпеки (згідно з ГОСТ 12.1.007-76) - 4
Гігієнічні нормативи для продукції в цілому в повітрі робочої зони: (ПДКр.з. або ОБРВ р.з.)	600/300 мг / м ³ (пари)
Відомості про маркування (по ГОСТ 31340-13)	
Опис небезпеки:	Сигнальне слово: «Небезпечно». Характеристика небезпеки: легкозаймиста рідина, пари утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші, при попаданні на шкіру і в очі викликає слабке подразнення, може викликати довгострокові негативні наслідки для водної флори і фауни.

Правила зберігання хімічної продукції

Умови та термін безпечного зберігання: (в т.ч. гарантійний термін зберігання, термін придатності)	Зберігати в прохолодному, добре вентильованому місці подалі від джерел займання, тепла, іскор, відкритого вогню в спеціальних резервуарах для зберігання легкозаймистих рідин з дотриманням вимог електростатичної безпеки, стаціонарних і пересувних металевих резервуарах, горизонтального низького тиску, вертикальних без понтона і газової обв'язки. Березти від статичної електрики. Гарантійний термін - 5 років.
Несумісні при зберіганні речовини і матеріали:	Кислоти, балони з киснем та інші окислювачі, стислі і зріджені гази, речовини, здатні до утворення вибухових сумішей, самозаймається і самозаймисті від води і повітря речовини, легкогорючі речовини.
Матеріали, рекомендовані для тари і упаковки:	Резервуари стаціонарні та пересувні, горизонтальні низького тиску, вертикальні без понтона, газової обв'язкою в залежності від умов експлуатації, гумовотканинні.
Заходи безпеки і правила зберігання в побуті:	Препарат не призначено для застосування в побуті.

5.3. Засоби захисту працівників від впливу шкідливих речовин

Для захисту працівників хімічних лабораторій від впливу небезпечних та шкідливих чинників потрібно використовувати засоби колективного захисту відповідно до вимог ДСТУ 7238:2011 «ССБП. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація».

Працівники хімічних лабораторій повинні забезпечуватись спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими ЗІЗ відповідно до вимог «Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту» (НПАОП0.00-4.01-08) та норм безоплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам галузі.

ЗІЗ мають відповідати вимогам «Технічного регламенту засобів індивідуального захисту», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 27 серпня 2008 року №761, ДСТУ 7239:2011 «ССБП. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація», ГОСТ 12.4.103-83 «ССБТ. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация».

Працівникам лабораторії видають безкоштовно за встановленими галузевими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші ЗІЗ:

- халат бавовняний (згідно з ГОСТ ССБТ 12.4.103-83);
- ковпак бавовняний (згідно з ГОСТ ССБТ 12.4.011-89);
- взуття шкіряне (згідно з ГОСТ ССБТ 12.4.103-83);
- окуляри захисні (згідно з ГОСТ ССБТ 12.4.011-89);
- респіратор (згідно з ГОСТ ССБТ 12.4.004-74);
- рукавички гумові (згідно з ГОСТ ССБТ 12.4.103-83);
- фартух спеціальний (згідно з ГОСТ ССБТ 12.4.029-76).

Під час виконання своїх обов'язків працівник лабораторії повинен дотримуватися вимог санітарних норм та особистої гігієни:

- приступати до роботи тільки у ЗІЗ;
- приймати і утримувати протягом зміни робоче місце у належному стані;
- зберігати їжу і їсти тільки у спеціально відведених місцях для цього;
- зберігати харчові продукти, зокрема молочні, які видають на підприємстві, у холодильниках, використовуваних лише на ці потреби;
- після роботи вимити забруднені частини тіла.

Хімічні речовини зберігають у хімічних лабораторіях відповідно до сертифіката про термін та умови зберігання заводу-виготовлювача. Основну (запасну) кількість хімічних речовин зберігають у спеціальному ізольованому приміщенні за межами хімічної лабораторії. На кожній посудині повинна бути етикетка з чіткою назвою речовини та з написом, що свідчить про наявність у речовині шкідливих, вогнєнебезпечних властивостей: червона – «Вогнєнебезпечно», жовта – «Отрута», зелена – «Берегти від води». Зберігати хімічні речовини із нерозбірливими написами та без етикеток заборонено. Речовини у склянках, які не мають етикеток, підлягають знищенню. При зберіганні вогне- і вибухонебезпечних речовин, враховуючи їх фізико-хімічні властивості, необхідно дотримуватись додаткових заходів безпеки.

5.4. Пожежна безпека

Заходи пожежної безпеки поділяються на дві категорії: запобігання пожежі та ліквідація існуючих пожеж. У хімічній промисловості, зважаючи на зростаючу небезпеку пожежі в більшості галузей, особлива увага повинна приділятися пожежній профілактиці.

Пожежна профілактика – це комплекс заходів, спрямованих на запобігання пожежам, запобігання поширенню вогню при виникненні пожежі та створення умов, що сприяють швидкому ліквідації вже розпочатої пожежі.

Відповідно до ОНТП 24-86 по пожежній небезпеці виробництва хімічної промисловості підрозділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г і Д. Залежно від категорії виробництва встановлюється найбільша допустима поверховість будівель. Наприклад, виробництва, що відносяться до категорії А, дозволяється розташовувати, як правило, тільки в одноповерхових будівлях. Виходячи з категорії виробництва, при проектуванні визначаються з: вибором будівельних матеріалів та будівельних конструкцій залежно від їх займистості та вогнестійкості, кількістю протипожежних перешкод, доцільністю застосування ослаблених отворів для

захисту будівель від руйнування, шляхами евакуації людей на випадок пожежі та іншими заходами пожежної профілактики.

Для швидкої та безпечної евакуації людей у разі пожежі в промислових місцях передбачені аварійні виходи, пожежні шляхи евакуації, вогнестійкі сходові клітки, спеціальні балкони, майданчики та переходи.

У приміщенні хімічних лабораторій повинні знаходитись засоби пожежогасіння (ящики з сухим піском, вогнегасники, пожежні покривала з негорючого теплоізоляційного матеріалу тощо), для зазначення місцезнаходження яких встановлюють вказівні знаки відповідно до ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір» (ISO 6309:1987, IDT) та ГОСТ 12.4.026-76 «ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности» (ГОСТ 12.4.026-76). У разі аварійної перерви у подачі електричної енергії всі електроприлади повинні бути негайно вимкнені.

Електропроводи і електроприлади, які знаходяться під напругою, у випадку пожежі необхідно знеструмити і гасити вуглекислотними вогнегасниками відповідно до вимог ДСТУ 3675-98, ДСТУ 3734-98. Водою гасити заборонено. Не можна залишати без нагляду робоче місце, ввімкнені нагрівальні прилади і працююче лабораторне обладнання, перелік якого визначений інструкцією з охорони праці, виробничої санітарії і пожежної безпеки.

Роботодавець розробляє ПЛАС залежно від виду робіт, які виконуються у лабораторії та на підприємстві, відповідно до «Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій» (НПАОП 0.00-4.33-99).

Заборонено виконувати роботи працівникам, що не ознайомлені з ПЛАС і не знають його у частині, що стосується роботи, яку вони безпосередньо виконують. Обов'язки щодо розробки і впровадження ПЛАС та відповідальність за його якість покладаються на власника (керівника) підприємства. При розробленні ПЛАС потрібно враховувати можливості та ресурси підприємства, накопичений працівниками підприємства і спецпідрозділів досвід дій під час аварійних ситуацій та аварій, для забезпечення уяви щодо потрібних додаткових навичок та ресурсів.

ВИСНОВКИ

У результаті аналізу літературних джерел встановлено, що ґрунт — один з найважливіших елементів біосфери та екологічної системи, яка визначає умови проживання людини. Ґрунт має великий вплив на здоров'я населення і має велике гігієнічне значення. Поверхневі шари ґрунтів легко забруднюються. Великі концентрації в ґрунті різних хімічних сполук-токсикантів згубно впливають на життєдіяльність ґрунтових організмів. При цьому втрачається здатність ґрунту до самоочищення від хвороботворних та інших небажаних мікроорганізмів, що здатні викликати важкі наслідки для людини, рослинного і тваринного світу.

З'ясовано, що забруднення нафтопродуктами є одним з найбільш небезпечних видів хімічного забруднення навколишнього середовища у результаті діяльності авіаційних підприємств. Найбільшого впливу зазнають водні та наземні екосистеми. Серед компонентів наземних екосистем нафтопродуктами, насамперед, забруднюється ґрунт. Завдяки високій адсорбуючій здатності, нафтопродукти тривалий час зберігаються у ньому, спричиняючи як деградацію земель, так і створюють небезпеку проникнення політантів у живильні ланцюги, однією з ланок яких є людина. Природне самоочищення ґрунту – довготривалий і складний процес, який не завжди завершується повним відновленням ґрунтової екосистеми.

Встановлено, що у результаті забруднення ґрунтів нафтою відбувається: порушення екологічної рівноваги в ґрунтовій системі; зміна морфологічних, фізичних, хімічних і біологічних характеристик ґрунту і будови ґрунтового профілю; порушення природного співвідношення між окремими групами і фракціями органічної речовини ґрунтів; проникнення нафти і НС у ґрунтові води; зниження ґрунтової родючості і виникнення токсикологічно небезпечних ситуацій.

Також, з'ясовано, що серед перспективних, екологічно прийнятних, та економічно вигідних методів відновлення нафтозабруднених ґрунтів пріоритетними є біологічні, зокрема очищення за допомогою рослин. Проте, низька біодоступність забруднювача, гідрофобність та токсичність робить фіторекультивуацію часто

малоефективною. Тому потрібно вдосконалити спосіб фітоочищення нафтозабруднених ґрунтів шляхом підбору і використання стійких до нафтового забруднення багаторічних рослин, здатних акумулювати азот атмосфери, рости на рівнинних та на насипних, відвальних ґрунтах, забезпечувати очищення нафтозабруднених ґрунтів з мінімальними затратами коштів.

У результаті аналізу сучасного стану проблеми хімічного забруднення ґрунтів на території аеропорту встановлено, що основними забруднювачами є важкі метали та нафтопродукти.

Встановлено, що завдяки високій адсорбційній здатності ґрунту, нафтопродукти тривалий час зберігаються в ньому, змінюючи його фізико-хімічні і біологічні властивості.

Також з'ясовано, що вплив нафтового забруднення на рослини відбувається двома шляхами: безпосередньо, внаслідок проникнення компонентів нафти через кореневу систему або продихи листків з включенням їх у метаболізм та опосередковано, через зміни фізико-хімічного складу ґрунту і відповідно порушення його біотичних властивостей. Проникнення компонентів рідких фракцій НП у рослинний організм через кореневу систему зумовлює мутагенні реакції, морфогенетичні і фенологічні відхилення від нормального розвитку.

З'ясовано, що на сьогодні для екологічної оцінки стану ґрунту найдоцільніше використовувати рослинні тест-організми, адже вони характеризують стан середовища, в якому ростуть, швидко розмножуються, по-різному реагують на дію шкідливих факторів і тим самим дають змогу вибирати найдоцільнішу відповідну реакцію для конкретного дослідження. Ознайомлення з основними методами визначення забруднення ґрунтів нафтопродуктами дало можливість зробити висновок про те, що біотестування рівня забруднення хімічного ґрунтів за допомогою рослинних тест-систем, є одним із найбільш доступних та експресних методів контролю стану ґрунтового покриття на території аеропортів та прилеглих до них територій.

У результаті аналізу результатів експериментальних досліджень біотестування ґрунту, штучно забрудненого авіаційним керосином, встановлено практично пряму

залежність параметрів рослин від концентрації у ґрунті авіаційного керосину, що вказує на достатньо високу чутливість льону, до дії забруднювача. Що підтверджує інгібуючу дію рослин, що були пророщені на ґрунті, відібраного з нижнього рівня.

Аналіз отриманих результатів щодо дослідження фітотоксичного ефекту проб ґрунту штучно забрудненого керосином, підтвердив зростання фітотоксичного ефекту зі збільшенням вмісту нафтопродукту у пробі ґрунту.

Аналіз отриманих результатів щодо дослідження фітотоксичного ефекту проб ґрунту відібраних на території, прилеглій до аеропорту, показав для 3-х проб середній рівень токсичності, а для 6-ти проб ґрунту – високий рівень токсичності. Щодо високого рівня фіто токсичності проби ґрунту, відібраної на відстані 1500 м від злітно-посадкової смуги аеропорту, то це пов'язано з наявністю автомобільної дороги, безпосередньо біля місця відбирання даної проби. Що, у свою чергу, свідчить, що до хімічного впливу діяльності аеропорту, поблизу якого були відібрані проби ґрунту для дослідження, на верхній шар даної проби ґрунту, накладається вплив викидів автомобільного транспорту.

СПИСОК БІБЛОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Запорожець В.В., Шматко М.П. Аеропорт: організація, технологія, безпека. Київ: Дніпро, 2002. 168 с.
2. Ашфорд, Н. Функционирование аэропорта / Н. Ашфорд, Х. П. М. Стентон, К. А. Мур; Пер. с англ. В. И. Ноздрина. М.: Транспорт, 1991. 372 с.
3. Процько Я.І. Вплив нафти та нафтопродуктів на ґрунтовий покрив // Вісн. Полтавськ. держ. аграрн. академії.: Вип. 2. 2010. 189-191 с.
4. Шестопапов О. В. Охорона навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами: навч. посіб. / Шестопапов О. В., Бахарєва Г. Ю., Мамєдова О. О. та ін. Х. : НТУ «ХП», 2015. 116 с.
5. Мирчинг Т.Г. Почвенная микология / Т.Г. Мирчинк. М., Изд-во МГУ, 1988. 220 с.
6. Гринчишин Н. М. Реабілітація ґрунтів, забруднених аварійними виливами нафтопродуктів / Н. М. Гринчишин, О. Ф. Бабаджанова // Науковий вісник НЛТУ. Вип. 22.7, 2012. 43–49 с.
7. Рекомендации по рекультивации нефтезагрязненных земель / С. А. Алієв, Д. В. Гвозденко, М. П. Бабаєв, Д. А. Гаджиев. Баку: Элм, 1981. 26 с.
8. Техногенное загрязнение природных вод углеводородами и его экологические последствия / В. М. Гольдберг, В. П. Зверев, Л. И. Арбузов. М.: Наука, 2001. 125 с.
9. Влияние нефтяного загрязнения на лесные биогеоценозы / А. В. Соромотин, С. Н. Гашев, М. Н. Гашева, Е. А. Быкова / Экология нефтегазового комплекса, 1989. 180-191 с.
10. Глазовская М. А. Состояние, динамика и диагностика почвенных экосистем, загрязненных нефтью, нефтепродуктами и промышленными 146 водами / М. А. Глазовская / Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем, 1988. 7-50 с.

11. Фесенко І. М. Оцінка та контроль впливу відходів буріння нафтогазових свердловин на ґрунти / І. М. Фесенко, І. А. Решетов, М. М. Фесенко // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності, 2003. 36–40 с.
12. Агроэкологическая оценка нефтезагрязненных земель территорий ЛПДС / Ю. А. Мажайский, И. Ю. Давыдова, В. Ф. Евтюхин, К. Н. Евсенкин // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности. Доклады четвертой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием.: Санкт-Петербург, 1999. 396–398 с.
13. Мірошніченко М. М. Зміни родючості ґрунту при вуглеводневому забрудненні / М. М. Мірошніченко // Вісник аграрної науки, 2002. 52–54 с.
14. Клімова Н. Деякі питання методики оцінки стану забруднення ґрунтів унаслідок нафтогазовидобутку / Н. Клімова: Вісник Львівського університету, 2006. 144–151 с.
15. Снітинський В. В. Ґрунтознавство з основами агрохімії та геоботаніки / В. В. Снітинський, В. Ф. Якобчук. Л. : Аверс, 2006. 312 с.
16. Абросімов А. А. Екологія переробки вуглеводневих систем / А. А. Абросімов, М. Ю. Доломатова, Р. Теляшева. М. : Хімія, 2002. 608 с.
17. Рекомендации по рекультивации нефтезагрязненных земель / С. А. Алієв, Д. В. Гвозденко, М. П. Бабаєв, Д. А. Гаджиев. Баку : Элм, 1981. 26 с.
18. Андресон Р. К. Вивчення чинників, які впливають на біорозклади нафти у ґрунті / Р. К. Андресон, Л. А. Пропадушая / Корозія і захист нафтогазовидобувної промисловості, 1979. 30–32 с.
19. Давидова С. Л. Нафта як паливний ресурс і забруднювач довкілля / С. Л. Давидова, В. І. Тагасов. М. : РУДН, 2004. 131 с.
20. Исмаилов Н. И. Современное состояние методов рекультивации нефтезагрязненных земель / Н. И. Исмаилов, Ю. И. Пиковский / Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. 222–236 с.

21. Охорона навколишнього середовища на підприємствах нафтової та газової промисловості / Р. Є. Панов, Г. Е. Панов, Л. Ф. Петряшин, Г. Н. Лисяний. М. : Надра, 1986. 244 с.
22. Рамаді Ф. Основы прикладной экологии / Ф. Рамаді. Ленинград : Гидрометеиздат, 1981. 544 с.
23. Владимиров А. М. Охрана окружающей среды / А. М. Владимиров. Ленинград : Гидрометеиздат, 1991. 423 с.
24. Ревелль П. Среда нашего обитания. Том 3. Энергетические проблемы человечества / П. Ревелль, Ч. Ревелль. Москва : Мир, 1995. 356 с.
25. Крайнюков О. М. Моніторинг довкілля (моніторинг нафтогазоносних територій) / О. М. Крайнюков, А. Н. Некос. Х. : Фоліо, 2015. 203 с.
26. Моніторинг екзогенних геологічних процесів як складова моніторингу довкілля в Україні / А. В. Лущик, О. С. Романюк, М. І. Швирло, Є. О. Яковлев // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності, 2002. 73 с.
27. Глазовская М. А. Комплексное районирование территории СССР по типам возможных изменений природной среды при нефтедобыче / М. А. Глазовская, Ю. И. Пиковский, Т. И. Коронцевич. М. : Мысль, 1983. 395 с.
28. Аكوпова Т. С. Экология, нефть и газ / Т. С. Аكوпова, А. Н. Гриценко, В. М. Максимов. М. : Наука, 1997. 366 с.
29. Маковский В. И. Влияние нефтезагрязнений на растительный покров и торфяную залежь олиготрофных болот / В. И. Маковский. Свердловск : УрО АН СССР, 1989. 256 с.
30. Бабаджанова О. Ф. Роль сорбентів у ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів із поверхні ґрунту / О. Ф. Бабаджанова, Н. М. Гринчишин / Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності: зб. наук. праць, 2010. 75–81 с.
31. Середина В. П. Нефтезагрязненные почвы: свойства и рекультивация / В. П. Середина. Томск : Томский политехнический университет, 2006. 269 с.
32. Гендрин А. Г. Мониторинг природной среды на объектах нефтегазового комплекса / А. Г. Гендрин: Экология. 2006. 1–123 с.

33. Абрамов Ю. О. Моніторинг надзвичайних ситуацій / Ю. О. Абрамов, Є. М. Грінченко, О. Ю. Кірючкін. Х. : АЦЗУ, 2005. 530 с.
34. Некос В. Ю. Екологічні проблеми забруднення компонентів природного середовища нафтопродуктами / В. Ю. Некос, О. М. Крайнюков // І-й Всеукраїнський з'їзд екологів : міжнар. наук.-техн. конф. : тези допов., 2011. 237 с.
35. Качала Т. Б. Дослідження забруднених нафтопродуктами земельних ділянок Івано-Франківської області / Т. Б. Качала / Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування науково-технічний журнал. Спецвипуск. 2014. 5–9 с.
36. Франчук Г. М. Урбоекологія і техноєкологія / Г. М. Франчук, В. М. Ісаєнко, О. І. Запорожець. К. : НАУ, 2007. 200 с.
37. Ісаєнко В. М. Екологія та охорона навколишнього середовища / В. М. Ісаєнко, В. М. Криворотько, Г. М. Франчук. К. : НАУ, 2006. 192 с.
38. Транспортна екологія: навчальний посібник / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвєєва, С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджд; за заг. редакцією С. В. Бойченка. К. : «Центр учбової літератури», 2017. 508 с.
39. Голубєв І.Р., Новіков Ю.В. Навколишнє середовище і транспорт: ЕКОЛ. вісн., 2003. 10–11 с.
40. Романюк О. І. Методика екологічного оцінювання нафтозабруднених ґрунтів / О. І. Романюк, Л. З. Шевчик, І. В. Ощатовський, Т. В. Жак / Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія, 2016. 264–269 с.
41. Єфремова О. О. Біотестування. Сучасний стан практичного використання / О. О. Єфремова, І. П. Крайнов / Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету, 2006. 27 – 30 с.
42. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів / З. М. Бешлей, С. В. Бешлей, В. І. Баранов, О. І. Терек / Вісник Харківського національного аграрного університету, 2014. 97-102 с.
43. Ольхович О. П. Фітоіндикація та фітомоніторинг / О. П. Ольхович, М. М. Мусієнко. К.: Фітосоціоцентр, 2005. 64 с.

44. Муратова А. Ю. Использование комплексной фиторемедиации для очистки почвы, загрязненной нефтешламом / А. Ю. Муратова, А. Д. Бондаренкова, Л. В. Панченко, О. В. Турковская: Біотехнологія. 2010. 77-84 с.